
This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

Google™ books

<https://books.google.com>





A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

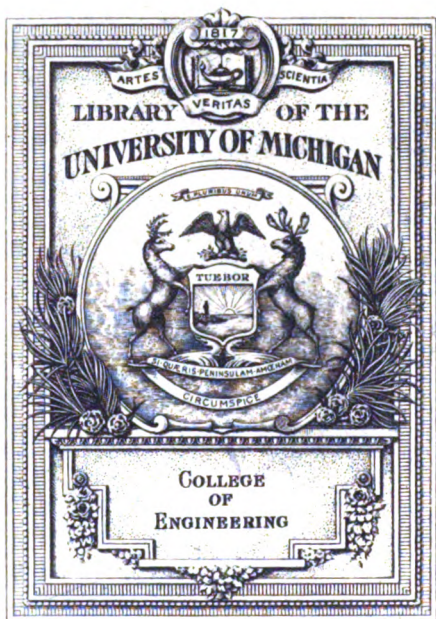
- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>

B

776,359



~~HE~~
✓ G005
.A61

Library

628.5
A6.13

MAY 22 1929

8^e ANNÉE — N° 1.

JANVIER 1929.

PRIX : 6 francs.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS
D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3 RUE THÉNARD PARIS, V^e

Prix de l'abonnement annuel : France..... 60 francs; Etranger..... 100 francs.

Digitized by Google

ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

Revue mensuelle publiée par les soins
d'une commission nommée par
LE MINISTRE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

La commission des *Annales* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs et qui peuvent ne pas refléter la doctrine de l'administration; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

RÉDACTION : 20, RUE LAS CASES, PARIS 7^e.

Téléphone : Ségur 46.43 et 45.59.

Pour tout ce qui concerne les abonnements et la publicité, s'adresser à l'éditeur :

LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE,
3, rue Thénard, Paris 5^e.

TABLE DES MATIERES.

Origine des termes gyroscopiques dans les équations des appareils électromagnétiques, par Ph. LE CORBEILLER, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes, docteur ès sciences	1
Télégraphie multiplex par courants de fréquences acoustiques, par E. MONTORIOL, inspecteur des Postes et Télégraphes	23
Etude théorique de la sensibilité dans une mesure au pont de Wheatstone, par H. CAILLEZ, ingénieur des Postes et Télégraphes	39
Théorie de la téléphonie sur les circuits, en particulier sur les circuits pupinisés, par HERMANN SCHULZ, du Telegraphentechnisches Reichsamts, Berlin	49
REVUE DES PÉRIODIQUES : Sur un dispositif permettant de maintenir constante la tension d'alimentation d'un récepteur branché sur un réseau à courant alternatif	78
INFORMATIONS : Nouveaux timbres-poste français. — Télégrammes de fin de semaine. — Les télégrammes-tickets. — Liaison radiotélégraphique. — Un réseau téléphonique exploité par un seul homme. — Le secret des communications téléphoniques aux Etats-Unis	80
BIBLIOGRAPHIE	85
DOCUMENTATION	D. 1

**ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES
ET TÉLÉPHONES.**

ANNALES des POSTES, TÉLÉGRAPHES et TÉLÉPHONES.

REVUE MENSUELLE PUBLIÉE PAR LES SOINS
D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR LE MINISTRE
DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

XVIII^e ANNÉE.

PARIS,
LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE,
3, RUE THÉNARD.
1929.

ORIGINE DES TERMES GYROSCOPIQUES

dans les équations des appareils électromécaniques, ⁽¹⁾

par Ph. LE CORBEILLER,

ingénieur en chef des Télégraphes, docteur ès sciences.

1. Les équations classiques du téléphone, données pour la première fois par Poincaré (L.2) ⁽²⁾ sont, sous la forme condensée que permet la notation symbolique :

$$\begin{cases} z_2 v - A i = f, \\ A v + Z i = e. \end{cases} \quad (1)$$

v , i , f , e , sont respectivement la vitesse du centre du diaphragme, l'intensité du courant téléphonique, la force mécanique et la force électromotrice appliquées, toutes quantités supposées sinusoïdales pures et de fréquence $\omega/2\pi$; z_2 est l'impédance mécanique z du diaphragme, corrigée; Z , l'impédance électrique de l'enroulement téléphonique; A , un coefficient constant.

Le fait que les termes Av et $-Ai$ ont des signes différents a souvent été relevé, et contrasté avec le fait que les termes analogues des équations du transformateur

$$\begin{cases} Z_{12} i_1 + Z_{22} i_2 = e_1, \\ Z_{11} i_1 + Z_{21} i_2 = e_2, \end{cases}$$

sont de même signe. On appelle parfois ces termes de signes contraires, termes *gyroscopiques*. Les équations d'autres appareils, par exemple le haut-parleur Gaumont, présentent des termes de même forme. Je me propose de montrer quelle est l'origine de ces termes en mécanique, et comment des circonstances analogues

1. Communication présentée au congrès de Bruxelles de l'Union radio scientifique internationale, septembre 1928.

2. Les chiffres précédés de la lettre L se rapportent à la liste placée à la fin de cette note.

les introduisent aussi en électromécanique. Je m'inspire surtout, pour la partie mécanique de cet exposé, de Thomson et Tait (L 1) ⁽¹⁾ que la question a particulièrement préoccupés, et de Winkelmann et Grammel (L 6).

2. L'origine véritable de tous les termes de l'espèce se trouve dans l'accélération complémentaire que subit un point dans le mouvement relatif. On sait que, si un point est en mouvement par rapport à un système lui-même en mouvement par rapport à un autre que l'on considère comme absolument fixe, l'accélération

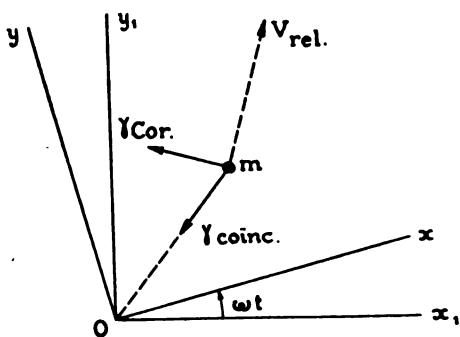


Fig. 1.

absolue du point est la somme de trois termes : son accélération relative, l'accélération absolue du point coïncidant, et une accélération complémentaire dite de Coriolis. Celle-ci est égale au double du produit extérieur (ou vectoriel) de la vitesse relative du point par la rotation instantanée du système mobile. Prenons le cas le plus simple possible, celui d'un point de coordonnées $x(t)$, $y(t)$ par rapport à des axes rectangulaires Ox , Oy , tournant dans leur plan avec

1. « Tous les Anglais ont entre les mains ce qu'ils appellent le *ti and ti*, c'est-à-dire le traité de mécanique de Tait et Thomson. Il est peu d'ouvrages classiques qui contiennent tant de vues originales et profondes ; il y a des théories qu'on ne trouve que là et que les ouvrages similaires du continent ne reproduisent pas, je ne sais pas pourquoi. Telle est la théorie des petits mouvements par le moyen des équations de Lagrange ou de Hamilton avec des applications à la stabilité des mouvements gyroscopiques, soit qu'on ne tienne pas, soit qu'on tienne compte du frottement... » (POINCARÉ, *Savants et écrivains* : Lord Kelvin).

la vitesse angulaire constante ω . Les projections, sur les axes mobiles Ox et Oy , de l'accélération absolue du point sont :

$$\begin{cases} x'' + 2\omega y' - \omega^2 x, \\ y'' - 2\omega x' - \omega^2 y, \end{cases} \quad (\gamma_{\text{rel}} + \gamma_{\text{Cor}} + \gamma_{\text{coïnc}})$$

et nous voyons apparaître des termes gyroscopiques $2\omega y'$, $-2\omega x'$. Le caractère de ceux-ci est, 1° d'être proportionnels aux vitesses ou, d'une manière générale, aux dérivées des coordonnées par rapport au temps ; 2° que les coefficients des vitesses (non constants en général) forment un tableau *symétrique gauche*, c'est-à-dire tel que :

$$a_{ik} = -a_{ki}, \quad a_{ii} = 0.$$

Tel est bien le cas ici, où les termes proportionnels aux vitesses sont :

$$\begin{cases} 0 \cdot x' + 2\omega y', \\ -2\omega x' + 0 \cdot y', \end{cases} \text{ leurs coefficients formant le tableau } \begin{vmatrix} 0 & 2\omega \\ -2\omega & 0 \end{vmatrix}.$$

Nous saisissons sur ce cas élémentaire que les termes gyroscopiques ne sont que l'expression cartésienne de l'accélération de Coriolis.

Il en sera exactement de même si nous considérons le mouvement relatif dans l'espace ; la rotation instantanée ω du système mobile ayant p, q, r , pour projections sur les axes fixes, les projections du double produit extérieur de $\omega (p, q, r)$, par $v_{\text{rel}} (x', y', z')$ sont :

$$\begin{cases} 2ry' - 2qz', \\ -2rx' + 2pz', \\ 2qx' - 2py', \end{cases} \text{ d'où le tableau } \begin{vmatrix} 0 & +2r & -2q \\ -2r & 0 & +2p \\ +2q & -2p & 0 \end{vmatrix}.$$

3. Cherchons sur ces deux exemples d'où seraient venus ces termes si nous avions appliqué la méthode de Lagrange. On sait que si T est l'énergie cinétique d'un système de points exprimée en fonction de leurs coordonnées $q_1, q_2, \dots, q_i, \dots$, les équations du mouvement du système sont :

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial q'_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} = Q_i,$$

où Q_i est la force appliquée relative à la coordonnée q_i . Dans le

cas du mouvement plan, on a l'expression suivante de T en fonction des coordonnées relatives :

$$T = \frac{1}{2} m [x'^2 + y'^2 + 2\omega (yx' - xy') + \omega^2 (x^2 + y^2)].$$

Les termes gyroscopiques provenaient donc des termes $T_1 = m\omega (yx' - xy')$, du premier degré dans les vitesses, comme il est aisé de s'en assurer. De même dans l'espace, les termes gyroscopiques provenaient des termes

$$T_1 = m [p (yz' - y'z) + q (xz' - zx') + r (yx' - xy')]$$

dans l'expression de T .

Plus généralement, s'il existe dans T un terme $B_{ik} q_i q'_k$ (B_{ik} constant), ce terme fournira, dans l'équation relative à la variable q_i , un terme

$$\dots - \frac{\partial T}{\partial q_i} = - B_{ik} q'_k$$

et dans l'équation relative à la variable q_k , un terme

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial q'_k} \right) - \dots = B_{ik} q'_k$$

D'une manière tout à fait générale, s'il existe dans T des termes du premier degré dans les vitesses

$$T_1 = B_1 q'_1 + B_2 q'_2 + \dots + B_i q'_i + \dots$$

et que pour deux au moins de ces coefficients B_i , fonctions des coordonnées $q_1, q_2, \dots$, le coefficient de q'_i dépende de q_k et celui de q'_k , de q_i , ces termes (les deux premiers, par exemple) fourniront, dans les équations relatives aux variables q_1 et q_2 , les termes :

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial q'_1} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_1} &= \frac{dB_1}{dt} - \frac{\partial T_1}{\partial q_1} = \frac{\partial B_1}{\partial q_2} q'_2 + \dots - \frac{\partial B_2}{\partial q_1} q'_1 + \dots \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial q'_2} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_2} &= \frac{dB_2}{dt} - \frac{\partial T}{\partial q_2} = \frac{\partial B_2}{\partial q_1} q'_1 + \dots - \frac{\partial B_1}{\partial q_2} q'_2 + \dots \end{aligned} \right.$$

Ainsi l'existence de termes gyroscopiques dans les équations d'un système est liée à la présence de termes du premier degré dans l'expression T de son énergie cinétique.

4. Dans la mécanique des systèmes, on a affaire à un certain nombre de corps solides assujettis à des liaisons. La méthode de Lagrange, sous sa forme originale, s'applique au cas où ces liaisons ne dépendent pas du temps, et s'expriment en termes finis. Dans ces conditions, l'énergie cinétique T est une fonction *homogène* quadratique des vitesses généralisées q_i . Il en résulte que, en l'absence de termes du premier degré dans T , *il ne peut pas y avoir, dans les équations, de termes gyroscopiques.*

Pour que l'énergie cinétique T puisse contenir des termes du premier degré dans les vitesses, il faut donc que l'on s'écarte des conditions où s'est placé Lagrange. Ce sera le cas, notamment, si les coordonnées q_i cessent à elles seules de définir complètement le mouvement du système.

On rencontre effectivement des termes gyroscopiques lorsqu'on se pose des problèmes des genres suivants :

a) On cherche le mouvement du système *relativement* à un système de référence lui-même en mouvement (exemple : mouvement d'un point relativement à des axes tournants) (§ 2) ;

b) Les liaisons dépendent du temps (*liaisons dites cinétiques*) : ce cas généralise le précédent ;

c) On cherche les *petites perturbations du mouvement stable d'un système*, lorsqu'on lui applique de petites percussions ou de petites forces données ; les nouvelles coordonnées étant alors les petites variations des anciennes, lesquelles sont supposées connues en fonction du temps, on voit qu'il s'agit ici encore d'un problème de mouvement relatif généralisé ;

d) On cherche à connaître en fonction du temps quelques-unes seulement des coordonnées du système. Il n'est pas possible, en général, de s'occuper ainsi de certaines coordonnées en éliminant les autres. Un cas où cela est possible, est celui où les coordonnées laissées de côté satisfont à certaines conditions : elles sont dites alors *cachées* ou *ignorables* ; nous allons examiner ce dernier cas de plus près.

5. Il peut arriver qu'une certaine coordonnée q , d'un système ne figure pas par elle-même, mais seulement par sa dérivée q' , dans

l'expression de l'énergie cinétique T du système. On dit que q_i est une coordonnée *cyclique* (parce que telle est notamment la coordonnée angulaire φ qui détermine la position d'un solide de révolution autour de son axe ; T contient au moins un terme $\frac{1}{2} C \varphi'^2$, C moment d'inertie, mais en général ne dépend pas de φ). Si, de plus, la force appliquée Q_i relative à q_i est nulle, on dit que q_i est une coordonnée *cachée* ou *ignorable*. On peut alors obtenir des équations du type de Lagrange où ne figure plus la variable q_i .

Supposons, par exemple, que le système dépende de trois coordonnées, q_1, q_2, q_3 , qui le définissent entièrement. L'énergie cinétique est homogène quadratique en q'_1, q'_2, q'_3 :

$$T = \frac{1}{2} A_1 q_1'^2 + \frac{1}{2} A_2 q_2'^2 + \frac{1}{2} A_3 q_3'^2 \\ + B_1 q_2' q_3' + B_2 q_3' q_1' + B_3 q_1' q_2'.$$

Supposons que la variable q_3 soit ignorable. Les A et B sont alors fonctions de q_1, q_2 et peut-être t , mais non de q_3 , et la force Q_3 est nulle. L'équation de Lagrange relative à q_3

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial q_3'} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_3} = Q_3$$

est donc ici :

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial q_3'} \right) = 0,$$

d'où une intégrale première

$$\frac{\partial T}{\partial q_3'} = A_3 q_3' + B_1 q_2' + B_2 q_1' = \text{const.} = \phi.$$

On forme alors la *fonction de Routh* :

$$R = T - \phi q_3' \\ = \frac{1}{2} A_1 q_1'^2 + \frac{1}{2} A_2 q_2'^2 + B_3 q_1' q_2' - \frac{1}{2} A_3 q_3'^2 \\ = \frac{1}{2} A_1 q_1'^2 + \frac{1}{2} A_2 q_2'^2 + B_3 q_1' q_2' - \frac{1}{2A_3} (\phi - B_2 q_1' - B_1 q_2')^2.$$

Routh a démontré (voir, par exemple, Pomey (L 3), p. 71) que, si l'on traite la fonction $R(q_1, q_2)$ comme l'énergie cinétique d'un

système, on obtient, sans changer les forces appliquées Q_1 et Q_2 , des équations

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial R}{\partial \dot{q}_1} \right) - \frac{\partial R}{\partial q_1} = Q_1, \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial R}{\partial \dot{q}_2} \right) - \frac{\partial R}{\partial q_2} = Q_2, \end{array} \right. \quad (2)$$

qui donnent correctement, en fonction du temps, les coordonnées q_1 , q_2 de notre système (q_1 , q_2 , q_3) ; mais la coordonnée ignorable q_3 a disparu.

Or il est très remarquable que R n'est plus homogène quadratique dans les vitesses ; il est décomposable en $R_2 + R_1 + R_0$, et l'on a, en particulier :

$$R_1 = \frac{\Phi}{A_1} A_1 \dot{q}_1 + \frac{\Phi}{A_2} A_2 \dot{q}_2.$$

Les équations (2) contiendront donc, en général, des termes gyroscopiques.

6. Le *gyroscope* est précisément un système de ce genre, du moins tel qu'il est ordinairement conçu et employé (¹) ; d'où l'expression « termes gyroscopiques ». Vérifions-le. Soient ψ , θ et φ ses coordonnées (angles d'Euler : ψ précession, θ nutation, φ rotation propre), A ($= B$) et C les moments d'inertie principaux ; on a :

$$\begin{aligned} 2T &= Ap^2 + Bq^2 + Cr^2 \\ &= A (\dot{\theta}^2 + \sin^2 \theta \cdot \dot{\psi}'^2) + C (\cos \theta \cdot \dot{\psi}' + \dot{\varphi}')^2. \end{aligned}$$

Les coordonnées ψ et φ sont donc *cycliques*. On suppose qu'il n'y a ni frottements ni liaisons élastiques. En général il n'y a pas de couple appliqué ayant pour axe l'axe du gyroscope ; la coordonnée φ est donc *ignorable*, mais non ψ . La troisième équation de Lagrange est :

$$\frac{d}{dt} C (\cos \theta \cdot \dot{\psi}' + \dot{\varphi}') = 0.$$

1. Cette restriction vise les appareils gyroscopiques *asynchrones* de M. Salomon (L 8).

d'où :

$$C (\cos \theta . \dot{\psi}' + \varphi') = \text{const.} = \Phi$$

(ce que donnerait directement le théorème du moment de la quantité de mouvement) ; la fonction de Routh est :

$$\begin{aligned} R &= T - \Phi \varphi' \\ &= \frac{1}{2} A (\dot{\theta}'^2 + \sin^2 \theta . \dot{\psi}'^2) + \frac{1}{2} C \cos \theta . \varphi'^2 - \frac{1}{2} C \varphi'^2 \\ &= \frac{1}{2} A \dot{\theta}'^2 + \frac{1}{2} (A \sin^2 \theta + C \cos^2 \theta) \dot{\psi}'^2 - \frac{1}{2C} (\Phi - C \cos \theta . \dot{\psi}')^2, \end{aligned}$$

d'où

$$R_2 = \frac{1}{2} A \dot{\theta}'^2 + \frac{1}{2} A \sin^2 \theta . \dot{\psi}'^2, \quad R_1 = \Phi \cos \theta . \dot{\psi}';$$

on a donc les deux équations en $\dot{\psi}'$ et $\dot{\theta}$:

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial R_2}{\partial \dot{\psi}'} \right) - \frac{\partial R_2}{\partial \dot{\psi}'} - \Phi \sin \theta . \dot{\theta}' = Q_{\psi}, \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial R_2}{\partial \dot{\theta}'} \right) - \frac{\partial R_2}{\partial \dot{\theta}'} + \Phi \sin \theta . \dot{\theta}' = Q_{\theta}. \end{cases}$$

où les termes gyroscopiques sont en évidence. (1)

7. Jusqu'ici nous avons utilisé uniquement le langage de la mécanique analytique ; mais tout ce que nous avons dit s'applique à des systèmes électromécaniques dans la mesure où l'on peut considérer, suivant une idée de Maxwell, la quantité d'électricité qui traverse à l'instant t une section fixe d'un conducteur linéaire comme une coordonnée de Lagrange, le courant i comme sa vitesse, l'énergie électromagnétique comme une énergie cinétique et l'énergie électrostatique comme une énergie potentielle. Nous allons appliquer les théories qui précèdent à quelques appareils électromécaniques ; il n'est pas douteux qu'elles n'aient un champ d'application beaucoup plus étendu.

8. La théorie du récepteur téléphonique par Poincaré (L 2) offre un exemple de l'emploi de variables cachées. Un récepteur

1. L'analogie de ces équations et de celles d'un alternateur (ou moteur *synchrone*) rotatif a conduit M. Salomon à la construction d'un remarquable modèle mécanique d'un alternateur, comprenant un gyroscope (L 8).

téléphonique comporte un aimant permanent. Or les systèmes considérés par Maxwell ne contenaient pas d'aimants. Poincaré se propose de généraliser les équations de Lagrange-Maxwell et de montrer qu'elles subsistent lorsque le système comprend des aimants, permanents ou non. A cet effet, il considère un aimant comme constitué par un grand nombre de courants particuliers (Ampère) qui n'ont ni résistance, ni capacité et qui ne contiennent pas de force électromotrice. Dans ces conditions, les variables q relatives à ces courants n'entrent dans l'énergie potentielle T que par leurs dérivées, les forces appliquées sont nulles et toutes ces variables sont des variables cachées. Elles s'éliminent toutes à la fois lorsqu'on forme la fonction de Routh $R = T - \sum \phi_i q'_i$, dont Poincaré donne les propriétés, et il ne reste plus, dans le cas du récepteur téléphonique, que les deux variables électrique et mécanique d'entrée et de sortie du système, liées par les équations (1). Nous avons donc là un exemple de termes gyroscopiques obtenus par la voie d) (§ 4).

Sous l'influence de cet exemple célèbre, on pourrait croire que ce sont des variables cachées qui expliqueront en général la présence de termes gyroscopiques dans les équations des appareils électromécaniques. Cela ne serait pas exact. En effet, dès qu'on abandonne les courants particuliers, qui par hypothèse ne rencontrent aucune résistance, pour étudier les courants de l'électrotechnique ordinaire, par exemple lorsqu'on remplace, dans un schéma d'appareil, un aimant permanent par un électro-aimant, on doit mettre, dans les seconds membres des équations de Lagrange, des chutes ohmiques de tension de la forme $-Rq'$, et la variable q correspondante cesse d'être une variable cachée.

Il se trouve que les équations de telles machines s'obtiennent en toute rigueur par une méthode bien plus simple que celle des variables cachées, comme nous allons le montrer sur un exemple. Et les termes gyroscopiques proviennent de la cause c) que nous signalons plus haut : c'est que l'on étudie les petits mouvements d'un système autour d'un mouvement stable.

9. Nous poserons les hypothèses suivantes. L'appareil que nous examinons est un appareil *électromécanique oscillant monophasé*,

à *excitation continue*. Il comportera, sous sa forme type, trois degrés de liberté, ou trois coordonnées : 1° une coordonnée mécanique x qui définit la position d'un organe mécanique oscillant (non pas tournant) ; 2° une coordonnée électrique q_1 relative à un circuit magnétisant, alimenté par une source continue (batterie ou dynamo) ; 3° une coordonnée électrique q_2 relative à un circuit électrique destiné à porter un courant alternatif. Nous appellerons ces deux circuits, circuit d'excitation et circuit alternatif. Le circuit d'excitation joue un rôle essentiel, mais auxiliaire ; la machine est destinée à fournir de l'énergie mécanique par l'intermédiaire de son organe oscillant (piston, diaphragme,...), lorsqu'on lui fournit de l'énergie électrique de même fréquence à ses bornes, ou inversement ; les deux cas se distingueraient par des conventions de signes que nous n'aurons pas besoin de préciser.

Cela étant, le fonctionnement de la machine sera défini par les expressions

1° de son énergie cinétique T :

$$T = \frac{1}{2} m \dot{x}^2 + \frac{1}{2} L_1 \dot{q}_1^2 + M \dot{q}_1 \dot{q}_2 + \frac{1}{2} L_2 \dot{q}_2^2 ;$$

L_1 , M et L_2 sont trois fonctions de x , que la description matérielle de la machine permettrait de calculer (certaines pouvant être constantes) ; c'est en cela que consiste le couplage entre les parties mécanique et électrique de l'appareil ;

2° de sa fonction de dissipation F ,

$$F = \frac{1}{2} r \dot{x}^2 + \frac{1}{2} R_1 \dot{q}_1^2 + \frac{1}{2} R_2 \dot{q}_2^2 ;$$

nous supposons la résistance mécanique r et les résistances électriques R_1 et R_2 constantes ;

3° de son énergie potentielle V :

$$V = \frac{1}{2} s x^2 + \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} ;$$

nous supposons qu'il n'y a pas de capacité dans le circuit d'excitation, et que les coefficients s (raideur) et C (capacité dans le circuit alternatif) sont constants.

Les trois équations de Lagrange sont :

$$\left\{ \begin{array}{l} mx'' - \frac{1}{2} \frac{dL_1}{dx} q_1^2 - \frac{dM}{dx} q_1 q_2 - \frac{dL_2}{dx} q_2^2 = f - rx' - sx, \\ \frac{d}{dt} (L_1 q_1 + M q_2) = e_1 - R_1 q_1, \\ \frac{d}{dt} (M q_1 + L_2 q_2) = e_2 - R_2 q_2 - \frac{q_2}{C}, \end{array} \right.$$

où f , e_1 , e_2 sont les forces extérieures appliquées.

10. J'examine d'abord un premier état de l'appareil ; dans ce premier état, j'applique une force électromotrice continue E au circuit d'excitation et aucune autre force f (mécanique) ou e_2 (électrique). L'appareil sera mécaniquement au repos. Mais il passera dans le circuit d'excitation un courant continu i_0 , et l'organe mécanique sera attiré à une distance x_0 de sa position d'équilibre propre ; ces deux quantités étant données par

$$\left\{ \begin{array}{l} -\frac{1}{2} \left(\frac{dL_1}{dx} \right)_{x=x_0} \cdot i_0^2 = -s x_0, \\ 0 = E - R_1 i_0, \end{array} \right. \quad (3)$$

qui est ce que deviennent la première et la deuxième équation ; la troisième est alors vérifiée identiquement.

Cet état de *repos apparent* est, pour la théorie de Lagrange-Maxwell, un état de *mouvement*, puisque la coordonnée q_1 a une vitesse i_0 non nulle. C'est là la circonstance paradoxale d'où vont sortir nos termes gyroscopiques.

Cherchons, en effet, quelles sont les petites déviations du système à partir de ce premier état de mouvement si l'on impose des *forces alternatives très petites* f et e à l'organe mécanique et au circuit alternatif. Développons pour cela les fonctions de x , L_1 , M et L_2 , autour de x_0 , et posons :

$$\begin{array}{ll} \text{(Circuit d'excitation)} & L_1 (x_0 + \xi) = L_1 + A_1 \xi + A_2 \xi^2 + \dots \\ \text{(Couplage électrique)} & M (x_0 + \xi) = M + B_1 \xi + \dots \\ \text{Circuit alternatif} & L_2 (x_0 + \xi) = L_2 + \dots \end{array}$$

Nous aurons pour nouvelle coordonnée mécanique ξ , et pour vitesse de la nouvelle coordonnée du circuit d'excitation, $i_1 = q_1' - i_0$.

La coordonnée q_2 n'a pas changé ; posons pour la symétrie $i = \frac{dq_2}{dt}$.

Formons la nouvelle énergie cinétique, et ne conservons que les termes du second degré au plus dans les nouvelles variables ; de cette manière, les équations du système ne contiendront que les termes du premier degré dans les variables, les suivants étant supposés négligeables. Il vient :

$$\begin{aligned} T &= \frac{1}{2} m \dot{\xi}^2 + \frac{1}{2} L_1 (x_0 + \xi) \cdot (i_0 + i_1)^2 \\ &\quad + M (x_0 + \xi) \cdot (i_0 + i_1) i + \frac{1}{2} L_2 (x_0 + \xi) \cdot i^2 \\ &= \frac{1}{2} L i_0^2 + (L_1 i_0 i + \frac{1}{2} A_1 i_0^2 \xi + M i_0 i) \\ &\quad + (A_1 i_0 \xi i + B_1 i_0 \xi i + \frac{1}{2} A_2 i_0^2 \xi^2) \\ &\quad + \left(\frac{1}{2} m \dot{\xi}^2 + \frac{1}{2} L_1 i_1^2 + M i_1 i + \frac{1}{2} L_2 i_2^2 \right) + \dots \end{aligned}$$

La nouvelle expression T contient donc maintenant des termes du premier degré dans les nouvelles vitesses, les termes

$$A_1 i_0 \xi i_1 \quad \text{et} \quad B_1 i_0 \xi i.$$

Ecrivons les équations de Lagrange :

$$\left\{ \begin{aligned} m \ddot{\xi} - A_1 i_0 i - B_1 i_0 i - A_2 i_0^2 \xi - \frac{1}{2} A_1 i_0^2 &= f - r \dot{\xi} - s x_0 - s \xi, \\ L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di}{dt} + A_1 i_0 \dot{\xi} &= E - R_1 i_0 - R_1 i_1, \\ M \frac{di_1}{dt} + L_2 \frac{di}{dt} + B_1 i_0 \dot{\xi} &= e - R_2 i - \frac{q_2}{C}. \end{aligned} \right.$$

En vertu des équations (3) de l'état de mouvement qui sert de référence, les deux premières équations se simplifient. Posons encore pour abréger :

$$A_1 i_0 = A, \quad B_1 i_0 = B, \quad A_2 i_0^2 = s_1,$$

il vient :

$$\left\{ \begin{aligned} m \ddot{\xi} + r \dot{\xi} + (s - s_1) \xi - A i_1 &= f, \\ A \dot{\xi} + L_1 \frac{di}{dt} + R_1 i_1 + M \frac{di}{dt} &= 0, \\ B \dot{\xi} + M \frac{di}{dt} + L_2 \frac{di}{dt} + R_2 i + \frac{q_2}{C} &= e. \end{aligned} \right.$$

ce qui s'écrit enfin, avec des notations évidentes,

$$\begin{cases} z_2 v - A i_1 - B i = f, \\ A v + Z_1 i_1 + j M \omega i = 0, \\ B v + j M \omega i_1 + z i = e. \end{cases}$$

Dans ce système, les variables, toutes alternatives et de pulsation ω , sont, d'une part, la vitesse v du mouvement de l'organe mécanique autour de sa position d'équilibre relatif x_0 , la variation i_1 du courant d'excitation autour du courant d'excitation moyen i_0 , et le courant inducteur (ou induit) i ; d'autre part, la force vibromatrice et la force électromotrice appliquées (ou produites) f et e . Le système est linéaire par rapport à ces cinq variables et, à une fréquence donnée, tous les coefficients sont des constantes complexes $\alpha = a + ja'$, de sorte que si y et z sont deux quelconques des cinq variables, les trois autres s'expriment en fonction de celles-ci supposées connues sous la forme simple $\alpha y + \beta z$; α et β , constantes complexes, sont des impédances ou des admittances généralisées.

Il est intéressant d'éliminer i_1 entre ces équations; l'on obtient ainsi le système

$$\begin{cases} \left(z_2 + \frac{A^2}{Z_1} \right) v - \left(B - j\omega \frac{MA}{Z_1} \right) i = f, \\ \left(B - j\omega \frac{MA}{Z_1} \right) v + \left(Z + \frac{M^2 \omega^2}{Z_1} \right) i = e, \end{cases}$$

sur lequel on voit nettement l'influence de l'excitation sur l'organe oscillant et sur le circuit alternatif :

1° l'impédance z de l'organe oscillant est modifiée par l'adjonction des termes

$$j \frac{A_2 i_0'^2}{\omega} + \frac{A_1^2 i_0'^2}{Z_1};$$

2° les deux variables, mécanique et électrique, sont couplées, les coefficients des termes de couplage étant

$$\pm \left(B_1 i_0 - j\omega \frac{MA_1 i_0}{Z_1} \right);$$

3° l'impédance Z du circuit alternatif est modifiée par l'adjonction du terme

$$\frac{M^2 \omega^2}{Z_1}.$$

On a donc pour équations de cette sorte de quadripôle électromécanique, à une fréquence donnée,

$$\begin{cases} (z + \alpha i_0^2) v - \beta i_0 \cdot i = f, \\ \beta i_0 \cdot v + (Z + \gamma) i = e. \end{cases} \quad (4)$$

α, β, γ , sont des constantes complexes, dont les deux extrêmes peuvent être nulles. On voit que la correction de l'impédance mécanique, si elle existe, est proportionnelle au carré du courant moyen d'excitation (1) tandis que le couplage est proportionnel à ce courant, et que la correction de l'impédance électrique n'en dépend pas.

On peut, dans cet énoncé, remplacer le courant d'excitation i_0 par la tension continue E de la source excitatrice (puisque $E = R_1 i_0$).

12. Enfin, si l'on élimine encore une des deux variables i et v , on obtient une seule équation dont le coefficient unique, en cas de court-circuit mécanique ou électrique (f ou $e = 0$), a une signification importante pour le fonctionnement de l'appareil. On obtient ainsi :

$$e = \frac{\beta^2 i_0^2 + (Z + \gamma)(z + \alpha i_0^2)}{z + \alpha i_0^2} i,$$

ou bien

$$e = - \frac{\beta^2 i_0^2 + (Z + \gamma)(z + \alpha i_0^2)}{\beta i_0} v.$$

Le coefficient de i est l'impédance électrique d'entrée de l'appareil, point de départ de l'étude de son fonctionnement comme moteur électrique à courant ou à potentiel constant. (On définirait de même une impédance mécanique d'entrée, pour servir à l'étude du fonctionnement en générateur électrique.) Le coefficient de v est l'impédance électromécanique de transfert. Si l'on admet que la charge mécanique de l'appareil, alimenté à potentiel constant, est constituée par une résistance mécanique constante r_{ext} que l'on a fait entrer dans le coefficient r de z , la puissance utile recueillie est $\frac{1}{2} r_{\text{ext}} |v|^2$, et varie par conséquent, pour différents courants d'excitation i_0 , en

1. On s'explique que ce terme soit si important dans les haut-parleurs électromagnétiques.

sens inverse du module de l'impédance de transfert. Or ce dernier est infini pour i_0 nul ou pour i_0 infini ; il y a donc une valeur optimum pour le courant i_0 ou la tension E d'excitation, comme l'a fait remarquer M. Lichte (L 4) Bien que l'étude des propriétés de ce type d'appareils soit en dehors du cadre de la présente note, nous avons indiqué celle-ci pour montrer le genre d'application qui a été fait des équations que nous commentons, et éviter qu'elles apparaissent comme un exercice purement formel.

13. Nous allons, à titre d'exemples, expliciter par la méthode précédente les équations de quelques appareils. Commençons par le téléphone ordinaire, qui est le prototype des moteurs électromagnétiques de nombreux haut-parleurs. Nous envisagerons un seul

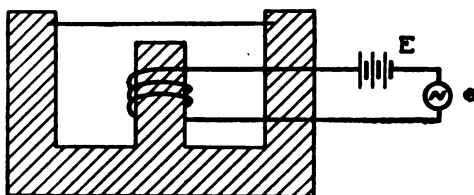


Fig. 2.

circuit électrique ; mais, dans ce circuit, nous superposerons la force électromotrice continue d'excitation E et la force électromotrice téléphonique alternative e . L'énergie cinétique du système est :

$$T = \frac{1}{2} m x'^2 + \frac{1}{2} L(x) q'^2.$$

Dans le premier état de l'appareil, nous supposons que E est la seule force électromotrice appliquée (ni force électromotrice alternative v , ni force appliquée au diaphragme). Le centre du diaphragme est alors attiré d'une quantité x_0 . Nous posons :

$$L(x_0 + \xi) = L + A_1 \xi + A_2 \xi^2 + \dots,$$

et nous aurons pour équations du premier état :

$$-\frac{1}{2} A_1 i_0^2 = -s x_0, \quad 0 = E - R i_0.$$

Dans le second état, nous appliquerons, en plus de E , les forces alternatives f et e , et nous rapporterons les élongations à l'abscisse x_0 , les courants au courant i_0 . L'énergie cinétique devient :

$$T = \frac{1}{2} Li_0^2 + \left(Li_0 i + \frac{1}{2} A_1 i_0^2 \xi \right) + \left(\frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} Li^2 + A_1 i_0 \xi i + \frac{1}{2} A_2 i_0^2 \xi^2 \right) + \dots,$$

et les équations sont, en ne conservant que les termes du premier degré :

$$\begin{cases} m \frac{dv}{dt} - A_1 i_0 i - A_2 i_0^2 \xi - \frac{1}{2} A_1 i_0^2 = f - rv - sx_0^2 \xi, \\ L \frac{di}{dt} + A_1 i_0 v = E + e - Ri_0 - Ri, \end{cases}$$

ce qui se simplifie en

$$\begin{cases} z_2 v - Ai = f, \\ Av + Zi = e, \end{cases}$$

qui sont les équations (1) classiques.

14. Passons aux moteurs de haut-parleurs dits électrodynamiques (Gaumont, par exemple). Ici, il faut supposer le circuit d'excitation et le circuit alternatif distincts. La théorie est donc exacte-

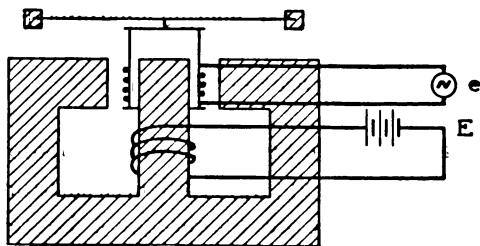


Fig. 3.

ment celle que nous avons faite au § 10. Toutefois $L_1(x)$ est indépendant de x ; c'est sur la variation de $M(x)$ que repose l'appareil (coefficient B).

Nous avons donc : $A_1 = A_2 = 0$, $A = 0$, $Z_2 = z$, et les équations sont :

$$\begin{cases} zv - Bi = f, \\ Z_1 i_1 + jM\omega i = 0, \\ Bv + jM\omega i_1 + Zi = e. \end{cases}$$

Éliminant le courant d'excitation i_1 , il vient :

$$\begin{cases} zv - Bi = f, \\ Bv + \left(Z + \frac{M^2 \omega^2}{Z_1} \right) i = e. \end{cases}$$

Comme Z_1 est principalement une inductance $jL_1\omega$, on voit qu'en posant

$$Z_2 = j \left(L - \frac{M^2}{L_1} \right) \omega + R - \frac{j}{C\omega},$$

les équations approchées du haut-parleur électrodynamique s'écrivent

$$\begin{cases} zv - Bi = f, \\ Bv + Z_2 i = e, \end{cases}$$

et présentent une symétrie assez curieuse avec celles du haut-parleur électromagnétique : dans l'un, l'impédance mécanique est seule modifiée, et par diminution de la raideur ; dans l'autre, l'impédance électrique est seule modifiée, et par diminution de la self-induction.

15. Examinons l'émetteur sonore sous-marin de Fessenden. Ici, le circuit alternatif est fixe, et le diaphragme est solidaire d'un cy-

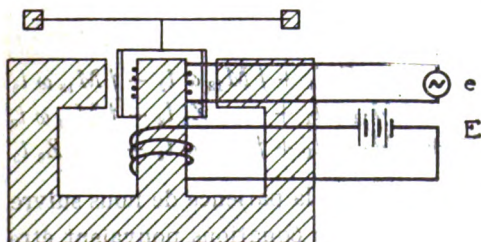


Fig. 4.

lindre de cuivre mobile suivant son axe qui constitue un troisième enroulement, constamment en court-circuit. Il y a donc quatre

degrés de liberté, dont un mécanique. Dans le premier état, nous supposons que E est la seule force électromotrice appliquée. Bien qu'il n'y ait pas alors d'attraction du diaphragme, la simple modification de l'expression de l'énergie cinétique résultant de ce que l'on rapporte le courant dans le circuit d'excitation à sa valeur moyenne i_0 , sans toucher en rien aux autres coordonnées ni à leurs vitesses, va suffire à introduire des termes de couplage gyroscopiques. Cette énergie cinétique est

$$T = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} L_1 (i_0 + i_1)^2 + \frac{1}{2} L_2 i_2^2 + \frac{1}{2} L_3 i_3^2 \\ + M_{23}(x) \cdot i_2 i_3 + M_{13}(x) \cdot (i_0 + i_1) i_3 + M_{12}(i_0 + i_1) i_2,$$

où seuls les coefficients d'induction mutuelle M_{23} et M_{13} dépendent de x . Mais, comme nous ne voulons garder que les termes du second degré au plus, nous voyons que le terme constant dans le développement de $M_{23}(x)$ va seul intervenir, de sorte que l'appareil repose sur la variation de $M_{13}(x)$ seul. Posant donc

$$\left(\frac{dM_{13}}{dx} \right)_{x=x_0} \times i_0 = C,$$

les termes intéressants dans le développement de T sont :

$$T = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} L_1 i_1^2 + \frac{1}{2} L_2 i_2^2 + \frac{1}{2} L_3 i_3^2 + \\ + M_{23} i_2 i_3 + M_{13} i_1 i_3 + M_{12} i_1 i_2 + Cx i_3 + \dots,$$

et les équations reliant les trois courants alternatifs i_1 , i_2 , i_3 et l'élongation alternative x sont :

$$\left\{ \begin{array}{l} Z_1 i_1 + j M_{12} \omega i_2 + j M_{13} \omega i_3 = 0, \\ j M_{12} \omega i_1 + Z_2 i_2 + j M_{23} \omega i_3 = e, \\ C v + j M_{13} \omega i_1 + j M_{23} \omega i_2 + Z_3 i_3 = 0. \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} - \\ \\ \\ \end{array} \quad \begin{array}{l} C i_3 = f, \\ \\ \\ \end{array}$$

Le lecteur qui aura eu la patience de nous suivre jusqu'ici conviendra sans doute que ces équations pouvaient être posées au vu de la figure sans aucun calcul. Les trois circuits électriques sont couplés entre eux ; le circuit qui est lié à l'organe mécanique est le troisième, et le coefficient de couplage est proportionnel au courant d'excitation moyen i_0 . A droite, nous mettons les forces alternatives

appliquées. Dans cette question comme dans bien d'autres, le difficile était de résoudre le problème sous son aspect le plus simple (étude du téléphone par Poincaré) ; le modèle une fois donné, il n'y a aucune difficulté à écrire les équations d'un appareil du même type, même beaucoup plus compliqué.

Pour l'étude ultérieure du Fessenden, il faut naturellement éliminer i_1 et i_2 de manière à avoir les équations du quadripôle électromagnétique ; ces équations ont la forme (4) déjà signalée.

16. Le remarquable appareil de mesure de MM. Nukiyama et Matsudaira, le *vibromètre* (L 5), a un circuit d'excitation, deux circuits alternatifs et un organe mécanique vibrant, et les deux circuits alternatifs sont liés à l'organe mécanique ; les équations de l'appareil sont donc les équations (5), avec en plus deux termes — Bi_1 et Bv . Les auteurs, ne s'étant pas, à juste titre, préoccupés de l'ondulation du courant d'excitation, trouvent un système de trois équations, pleinement suffisant au point de vue pratique. Les remarques de ces auteurs sur leur appareil méritent la plus grande attention.

17. Ainsi qu'on l'a vu en traitant successivement du téléphone et du Fessenden, et comme il est bien clair analytiquement, on introduit des termes du premier degré dans les vitesses dans l'expression de T , condition nécessaire pour qu'il y ait des termes gyroscopiques, en étudiant les petites vibrations du système autour d'un état de mouvement ; si, pour des appareils ne rentrant pas dans le schéma que nous avons posé au § 9, le premier état, état de référence, ne comportait de mouvement pour aucun des degrés de liberté, il ne servirait de rien qu'il comportât des déviations permanentes : nous n'obtiendrions pas de termes gyroscopiques. Nous n'en donnerons qu'un exemple, espérant revenir plus tard d'une manière plus générale sur cette

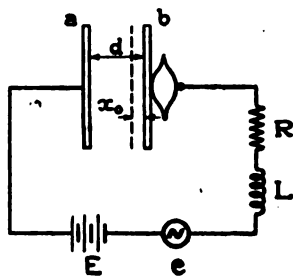


Fig. 5.

classe d'appareils. Considérons un haut-parleur électrostatique ou *condensateur parlant*. a est l'armature fixe, b l'armature mobile de masse m liée à un ressort. L'énergie cinétique du système est

$$T = \frac{1}{2} m \dot{x}^2 + \frac{1}{2} L \dot{q}^2,$$

la fonction de dissipation

$$F = \frac{1}{2} r \dot{x}^2 + \frac{1}{2} R \dot{q}^2,$$

et l'énergie potentielle

$$V = \frac{1}{2} s x^2 + \frac{1}{2} \frac{q^2}{C(x)}.$$

Les équations de Lagrange sont

$$\left\{ \begin{array}{l} m \frac{dv}{dt} = f - rv - sx + \frac{q^2}{2} \frac{C'(x)}{[C(x)]^3}, \\ L \frac{di}{dt} = E + e - Ri - \frac{q}{C(x)}. \end{array} \right.$$

Appelant d la distance des armatures lorsqu'aucune force électromotrice n'est appliquée, et comptant x positif dans le sens de b vers a , on a

$$C(x) = \frac{kS}{4\pi(d-x)},$$

$$\frac{C'(x)}{[C(x)]^2} = \frac{4\pi}{kS}.$$

Les équations ci-dessus s'écrivent donc :

$$\left\{ \begin{array}{l} m \frac{dv}{dt} = f - rv - sx + \frac{2\pi}{kS} q^2, \\ L \frac{di}{dt} = E + e - Ri - \frac{4\pi}{kS} q(d-x). \end{array} \right.$$

Je considère un premier état du système dans lequel j'applique seulement la force électromotrice E ; les armatures se sont rapprochées de la quantité x_0 , et l'on a pour l'équilibre :

$$\left\{ \begin{array}{l} 0 = 0 - sx_0 + \frac{2\pi}{kS} q_0^2, \\ 0 = E - \frac{4\pi}{kS} q_0(d-x_0). \end{array} \right. \quad (6)$$

Ces deux équations définissent x_0 et y_0 , non pas linéairement ; mais q_0 dépend d'une équation du troisième degré qui n'a qu'une racine, ce qui détermine x_0 .

Cela étant, je rapporte le système en mouvement à ce premier état, ce qui revient à un déplacement d'origine pour chacune des variables ; je pose

$$x = x_0 + \xi, \quad q = q_0 + \eta, \quad \frac{k S}{4\pi (d - x_0)} = C_0.$$

L'expression de l'énergie cinétique ne change pas ; T continuant à être homogène quadratique dans les vitesses, il n'y aura pas de termes gyroscopiques. F ne change pas non plus. L'énergie potentielle devient :

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{2} s (x_0 + \xi)^2 + \frac{2\pi}{k S} (d - x - \xi) (q_0 + \eta)^2 \\ &= \frac{1}{2} s x_0^2 + \frac{2\pi}{k S} (d - x_0) q_0^2 \\ &\quad + s x_0 \xi + \frac{4\pi}{k S} (d - x_0) q_0 \eta - \frac{2\pi}{k S} q_0 \xi \\ &\quad + \frac{1}{2} s \xi^2 + \frac{2\pi (d - x_0)}{k S} \eta^2 - \frac{4\pi}{k S} q_0 \xi \eta + \dots, \end{aligned}$$

en nous limitant aux termes du second degré. Formant les équations de Lagrange et tenant compte des équations (6) du premier état, il vient :

$$\begin{cases} m \frac{dv}{dt} = f - r v - s \xi + \frac{4\pi q_0}{k S} \eta, \\ L \frac{di}{dt} = e - \frac{\eta}{C_0} + \frac{4\pi q_0}{k S} \xi, \end{cases}$$

ou bien :

$$\begin{cases} z v + \frac{j A}{\omega} i = f, \\ \frac{j A}{\omega} v + Z_0 i = e, \end{cases}$$

en posant $A = \frac{4\pi q_0}{k S} = \frac{E}{d - x_0}$, et Z_0 étant l'impédance du circuit électrique dans le premier état (capacité C_0). Ici, les termes gyroscopiques étant absents, les coefficients de couplage sont égaux entre eux et à une réactance pure. On lira avec intérêt une étude de M. de Goër (L 7) sur ces dernières équations.

LISTE DES TRAVAUX CITÉS.

-
1. TAIT et THOMSON, *Treatise on Natural Philosophy*. (Cambridge ; la 1^{re} édition est de 1879).
 2. POINCARÉ, *Etude du récepteur téléphonique* (L'Eclairage électrique, 1907).
 3. J.-B. POMEY, *Analogies mécaniques de l'électricité* (Gauthier-Villars, Paris 1921).
 4. H. LICHTE, *Ein Beitrag zur Theorie des elektromagnetischen Telephons* (*Elektr. Nachrichtentechnik*, avril 1926).
 5. H. NUKIYAMA et M. MATSUDAIRA, *The vibrometer* (Selected Papers Inst. Electr. Eng. of Japan, n° 13, mai 1927. Traduction Ann. P.T.T., août 1928).
 6. WINKELMANN et GRAMMEL, *Kinetik der starren Körper*, dans le 5^e volume du *Handbuch der Physik* (Springer, Berlin, 1927).
 7. J. DE GOER, *Une généralisation des diagrammes de Kennelly* (Ann. P.T.T., nov. 1927).
 8. B. SALOMON, *Sur un alternateur gyroscopique et sur ses analogies électriques* (Ann. P.T.T., juillet 1928).
-

SOMMAIRE. — On montre que pour que les équations d'un système contiennent des termes gyroscopiques, il faut que l'expression de son énergie cinétique en fonction des coordonnées généralisées du système contienne des termes du premier degré dans les vitesses. Cela peut provenir analytiquement de ce que certaines de ces coordonnées sont ignorables ; physiquement ceci correspond à des liaisons mécaniques sans frottement ou à des circuits électriques sans résistance. Mais on peut aussi, plus simplement, et sans négliger de résistances, faire la théorie des appareils monophasés à excitation continue en considérant leur mouvement comme une perturbation (une « modulation ») de l'état de repos mécanique dans lequel la force électromotrice continue d'excitation est la seule force appliquée. Les équations des appareils suivants sont formées à titre d'exemples : téléphone, haut-parleur électrodynamique, émetteur Fessenden, vibromètre, condensateur parlant.

TÉLÉGRAPHIE MULTIPLEX par courants de fréquences acoustiques,

par E. MONTORIOL,
inspecteur des Postes et Télégraphes.

Dans un précédent article ⁽¹⁾, nous avons donné la description d'un premier système de télégraphie multiplex par courants de fréquences acoustiques, dû à M. Pagès, ingénieur à la Société d'études pour liaisons télégraphiques et téléphoniques à longue distance (S.E.L.T.). Installé sur la ligne Paris—le Havre depuis février 1927, il permet de superposer, sur un *circuit souterrain à deux fils*, huit fréquences (quatre dans chaque sens) susceptibles de desservir chacune un baudot quadruple, ce qui correspondrait, en plein rendement, à 32 secteurs. Deux répéteurs sont intercalés dans le circuit, à Saint-Clair-sur-Epte et à Duclair ; l'expérience a d'ailleurs démontré que ce dernier pouvait être supprimé sans inconvénient.

Nous avons mentionné également que M. Pagès étudiait un autre dispositif de télégraphie multiplex et de téléphonie simultanées pour circuit aérien et sans répéteur. Les essais, qui ont eu lieu entre Paris et Lyon, ayant été très concluants, les panneaux définitifs sont actuellement en cours de construction et seront décrits le moment venu.

Le troisième système, qui fait l'objet du présent article, est destiné aux circuits souterrains pupinisés (charge forte). Il a été installé, en avril dernier, entre Paris et Zurich (750 kilomètres), avec répéteurs à Nancy et à Colmar.

Il utilise un *circuit à quatre fils*, tout comme les communications téléphoniques à grande distance et pour les mêmes raisons. Chaque paire de conducteurs, servant ainsi à la transmission dans l'un des sens, peut supporter sept fréquences distinctes, dont six permettent

1. *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, septembre 1927, p. 796.

de faire fonctionner chacune un baudot, la septième étant réservée aux communications de service échangées de panneau à panneau. L'écartement des fréquences est de 1500 radians par seconde ; la gamme des pulsations est la suivante : 2.500, 4.000, 5.500 7.000, 8.500, 10.000 et 11.500, cette dernière utilisée au morse et au parleur comme il vient d'être dit. On reste donc assez loin de la fréquence de coupure, 2700 périodes, environ, pour laquelle $\omega = 17.000$ en chiffres ronds.

L'installation est quelque peu simplifiée, par rapport à la première : tout d'abord, les transmissions dans l'un et l'autre sens ayant lieu sur des paires différentes, le « système équilibré » devenait sans objet ; les amplificateurs-répéteurs sont également unilatéraux ; d'autre part, la pratique a démontré l'inutilité de l'amplificateur général, qui a été supprimé. L'ensemble du panneau se réduit donc à sept oscillateurs à lampes triodes, sept récepteurs commandant chacun un relais (dont le parleur de la communication de service), et enfin les organes de contrôle et de mesures, nécessaires à l'entretien et à la stabilité des communications.

Oscillateurs. — Les oscillateurs (fig. 1) sont semblables à ceux du premier système : le circuit secondaire du transformateur T est relié, d'une part, à la grille de la lampe triode, et, de l'autre, au pôle négatif d'une batterie de 12 volts ; dans le circuit de plaque, se trouvent : le primaire d'un second transformateur, T', un circuit bouchon, CL, accordé sur la fréquence qu'on veut émettre et shunté par une résistance variable, R, et enfin le primaire du transformateur de grille T. Celui-ci est alimenté par la chute de tension produite dans la résistance R. Le secondaire du transformateur T' renvoie les ondes entretenues dans le circuit de départ, par l'intermédiaire de l'armature et du butoir de travail d'un relais Baudot, B, actionné par l'appareil télégraphique transmetteur.

La résistance d'accrochage R permet de satisfaire à la condition d'entretien des oscillations et de régler leur intensité ; la fréquence est déterminée par le circuit accordé ; d'autre part, l'emploi d'un transformateur élévateur de tension, T, et d'une résistance d'ac-

crochage de faible valeur permet de réduire la durée d'établissement et de rupture des signaux.

Les sept oscillateurs étant branchés en parallèle sur le circuit de départ, on a intercalé, sur chacun des secondaires T' , une résis-

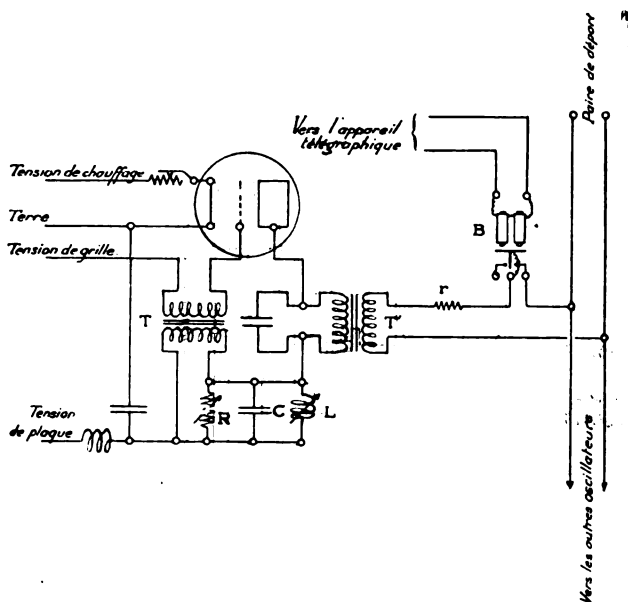


Fig. 1.

tance très élevée, r (environ 40:000 ohms), qui, en même temps qu'elle limite l'intensité des courants émis, s'oppose aux dérivations d'un oscillateur dans les autres.

Organes de réception. — Les sept récepteurs sont connectés en parallèle aux bornes d'un potentiomètre général de réglage, P , relié au circuit de réception (fig. 2). Leur agencement est, en principe, semblable à celui de l'installation Paris—le Havre, dont ils ne diffèrent que par quelques détails, qui vont être indiqués.

Chaque récepteur comprend une lampe sélectrice et une lampe rectificatrice. Les courants, arrivant du potentiomètre général P , réagissent sur la grille de la lampe sélectrice par le transformateur T_1 ; la grille est polarisée négativement de 12 volts, comme celle de l'oscil-

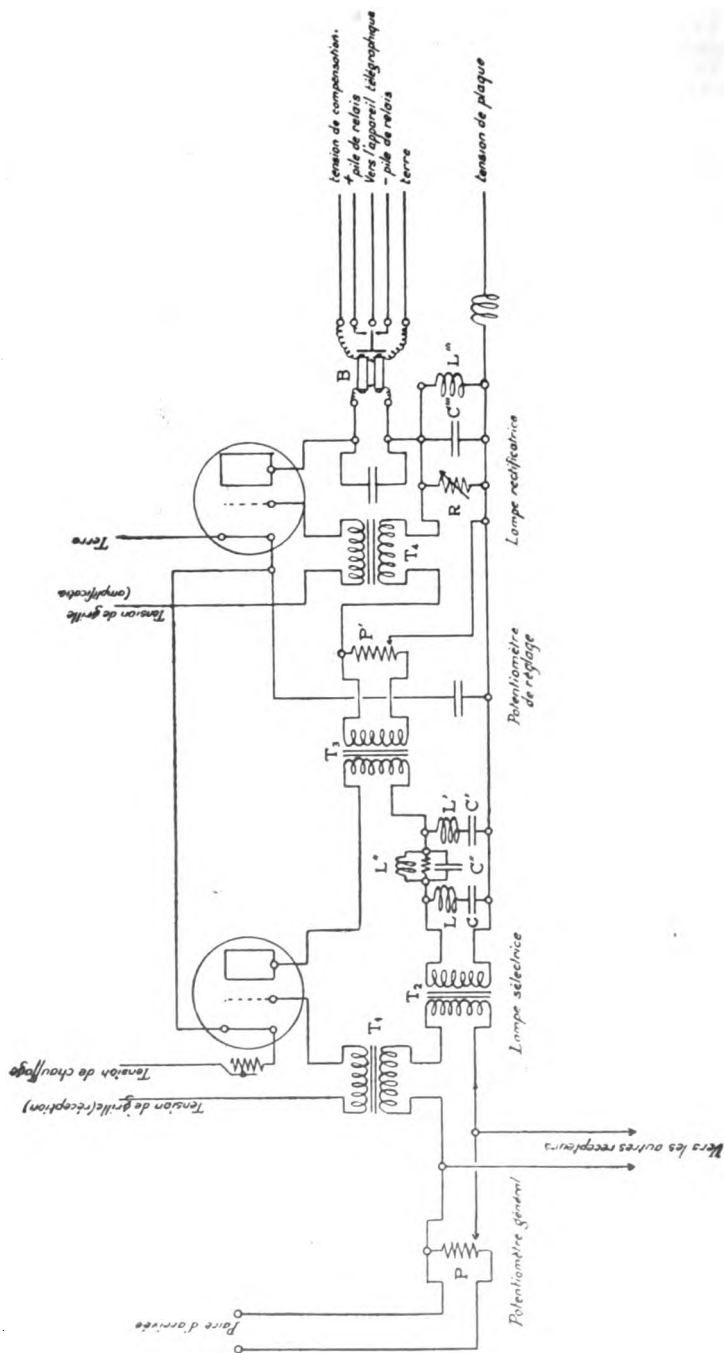


Fig. 2.

lateur. L'amplification sélective est obtenue par l'artifice déjà

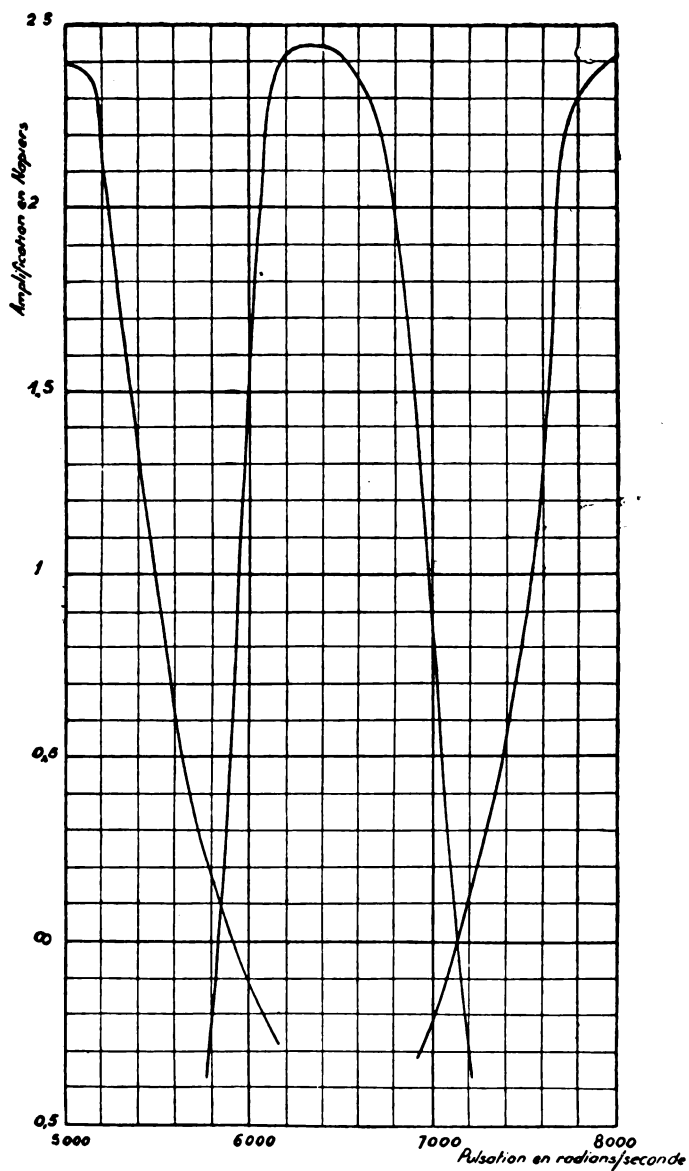


Fig. 3.

utilisé sur Paris—le Havre et qu'on peut résumer en peu de mots

le circuit de plaque réagit sur celui de grille par l'intermédiaire des transformateurs T_1 et T_2 , mais les connexions sont établies de telle sorte que, pour toutes les fréquences autres que celle qu'on désire recevoir, cette tension de rétroaction s'oppose à l'amplification (au lieu de l'augmenter, comme c'est le cas dans les installations ordi-

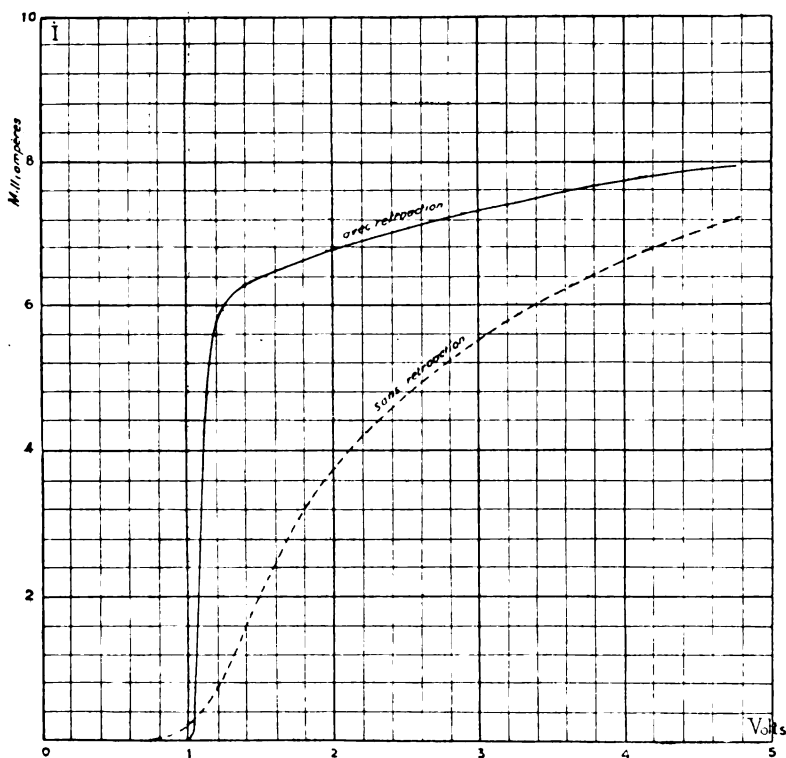


Fig. 1.

naires). Le dispositif d'accord est quelque peu différent : il consiste en deux circuits comprenant chacun une self et une capacité en série, LC et L'C', placées en pont devant le transformateur T_2 : pour toutes les fréquences situées de part et d'autre de la fréquence propre de ces deux circuits, la tension de rétroaction s'oppose à l'amplification ; au contraire, entre ces deux fréquences, cette tension se trouve annulée et l'amplification se produit normalement ; elle reste approximativement constante, grâce à l'action d'un troi-

sième circuit de résonance (circuit bouchon) $L''C''$, shunté par une résistance, et qui, accordé sur une fréquence intermédiaire, est intercalé entre les deux premiers. La largeur effective de la bande de fréquences amplifiées est d'environ 100 périodes (fig. 3).

Les signaux sélectionnés sont renvoyés à la seconde lampe par le transformateur T_3 , dont le secondaire est shunté par le potentiomètre de réglage P' .

La grande sélectivité de cette première lampe entraîne inévitablement une déformation des signaux : ils doivent donc être rectifiés par la seconde, afin de parvenir corrects au relais Baudot B. Cette rectification est obtenue au moyen d'une forte polarisation négative de la grille et d'un dispositif de rétroaction, agissant, cette fois, pour renforcer l'amplification. Le circuit de plaque est accordé, comme celui de la lampe oscillatrice (fig. 1), par un circuit-bouchon, $C'''L'''$ shunté par une résistance, R.

Lorsqu'on applique à la lampe une tension alternative d'amplitude croissante, ce qui est le cas d'un signal déformé, le courant redressé est d'abord nul, à cause de la forte polarisation de la grille ; dès qu'on atteint une certaine amplitude, le courant se manifeste dans le circuit de plaque et, grâce à la sensibilité du dispositif de rétroaction, atteint brusquement une valeur de saturation. Les signaux sont donc rectifiés : il suffit d'agir sur le potentiomètre P' pour qu'ils parviennent dans le relais B parfaitement découpés. La figure 4 montre cette rectification, par la comparaison des deux courbes, avec et sans rétroaction.

Le relais Baudot B, embroché dans le circuit de plaque, est, comme sur Paris—le Havre, du type dit « à grande sensibilité » ; il comporte un enroulement de compensation, parcouru par un courant permanent, d'intensité réglable, qui ramène l'armature au repos après chaque signal.

Disposition des panneaux. — On peut voir sur la figure 5 l'ensemble de l'installation, qui mesure 2^m,50 de longueur sur 2^m,60 de hauteur et 30^{cm} de profondeur ; elle est formée de panneaux métalliques, fixés sur un bâti également métallique comportant trois travées. Sur les deux travées latérales, F.1—F.2.—F.3 et

F.4—F.5—F.6, sont placés les appareils de transmission et de réception ; la travée médiane supporte les instruments de contrôle et de mesures, ainsi que les organes de transmission et de réception de la communication de service (7^e fréquence, F.7). Cette disposition a pour avantage de permettre au dirigeur chargé de l'installation d'atteindre simultanément un organe quelconque et l'instrument qui sert à le contrôler.

1^o TRAVÉES LATÉRALES. — Les deux travées latérales sont divisées chacune en trois parties correspondant aux fréquences de travail (transmission et réception) : celle de gauche aux fréquences 1, 2 et 3 ; celle de droite aux trois autres, 4, 5 et 6.

Sur chacune de ces divisions, sont rangés verticalement, les uns au dessus des autres :

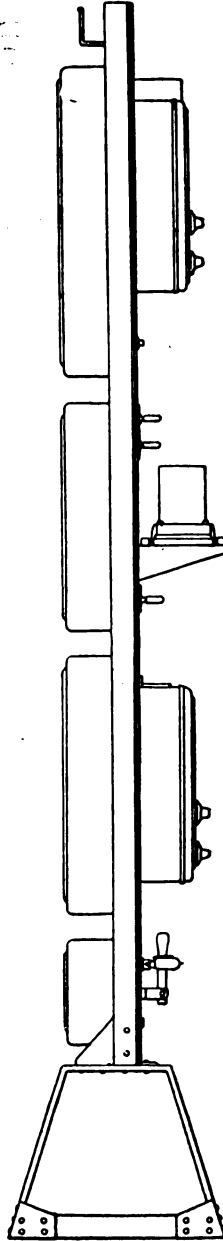
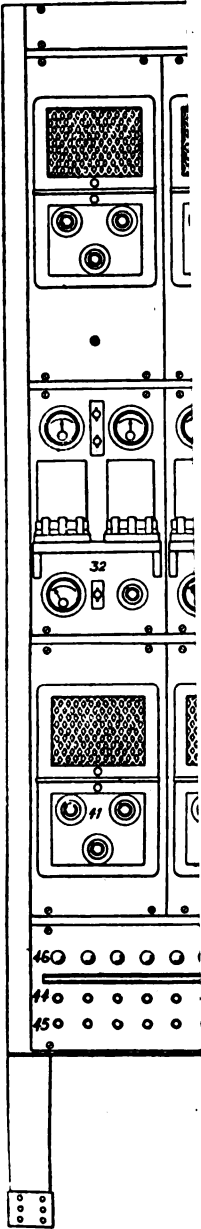
un *panneau de réception* (28 de F.4), comprenant un support amovible, sous carter grillagé, pour lampes réceptrices (29), et trois commutateurs (30) pour le réglage du chauffage des filaments, du potentiomètre P' (fig. 2) et de la résistance R de rétroaction ;

un *panneau de relais* (31), portant le relais de transmission (34) et celui de réception (35) ; ils ne sont pas fixés, mais seulement maintenus entre des broches formant ressorts, suivant le mode de connexions adopté pour les translations Baudot ; au dessus des relais, sont deux ampèremètres de contrôle, l'un (32) pour la transmission, l'autre (33) pour la réception ; deux clés à trois positions (36) permettent de placer les relais en coupure, en service ou en essai ; enfin, à la partie inférieure, est un milliampèremètre (37), qu'une clé (38) permet d'insérer soit dans le circuit de travail du relais de réception, soit dans le circuit de compensation ; l'intensité circulant dans ce dernier circuit est réglée à l'aide du rhéostat placé à droite (39) ;

un *panneau de transmission* (40), avec un support de lampe (41) et trois commutateurs (42) pour le réglage du chauffage du filament, de l'intensité et de la fréquence des signaux (R et L de la figure 1).

A la partie inférieure de la travée de gauche, est le *panneau de commutation* (43) portant les lampes de protection (46) et deux rangées de jacks de coupure des circuits aboutissant aux appareils

F.1



30

F.
ti
m
cc
pe
d'
se

sé
va
2

ui

vi
cc
pe

et
m
cc
re
n
(
e
q
r
c
à

e
r
f

e
i

télégraphiques : on peut ainsi vérifier soit le côté des appareils (44), soit le côté du panneau (45), et faire toutes les mutations nécessaires entre fréquences et appareils.

Symétriquement à ce panneau, on trouve, au bas de la travée de droite, le *panneau d'alimentation* (47), portant les interrupteurs et les fusibles, intercalés dans le circuit des différentes batteries, respectivement de gauche à droite : chauffage, plaques, grilles, batteries des relais récepteurs, et enfin courant alternatif du réseau, pour réaliser éventuellement le chauffage des filaments par l'intermédiaire d'un transformateur, ramenant à 6 volts la tension alternative d'alimentation.

2° TRAVÉE MÉDIANE. — La travée médiane se divise verticalement en deux parties :

a) *La partie de droite* (F.7) correspond à la 7^e fréquence, utilisée pour les communications de service ; elle est semblable aux six autres qui viennent d'être décrites, sauf que le panneau de relais est remplacé par un panneau (22) portant un manipulateur Morse (23) et un parleur (24).

b) *La partie de gauche* comprend cinq panneaux :

1. Tout en haut, est placé le *panneau d'alimentation* (1), sur lequel on trouve, tout d'abord, une boîte de « relais de signalisation » (4), destinés à avertir immédiatement dans le cas de rupture d'un filament de lampe ; à cet effet, chaque prise d'alimentation aboutit à l'enroulement de l'un de ces relais, dont l'armature reste attirée tant que la lampe est allumée ; dès qu'un filament vient à être brûlé, le courant cesse de circuler, l'armature du relais se relève et ferme un circuit dans lequel se trouvent une lampe d'alarme (5) et un relais pilote, commun à toute l'installation ; celui-ci ferme, à son tour, le circuit d'une sonnerie d'alarme, placée derrière le panneau : le bruit de la sonnerie avertit d'un accident et la lampe désigne l'endroit où il s'est produit ; les filaments étant alimentés deux à deux, en série, il suffit de onze relais et onze lampes de signalisation.

Au dessous des relais, se trouvent deux séries de fusibles « automatiques », l'une (9) pour les filaments, l'autre (10) pour les circuits de plaques. Chaque fil fusible retient, à l'état normal, une

petite languette, qui, lorsqu'il se trouve fondu, émerge à l'extérieur et indique le lieu du défaut ; s'il s'agit d'un fusible de filament, l'interruption du courant de chauffage détermine, comme précédemment, l'allumage de la lampe d'alarme et le fonctionnement de la sonnerie ; si c'est un fusible de plaque qui saute, la languette ferme la batterie sur le relais-pilote, à travers une résistance convenable : le relais et la sonnerie fonctionnent, mais aucune lampe ne s'allume.

Un milliampèremètre de contrôle (7) comporte deux sensibilités : l'une, de zéro à 25, permet de mesurer l'intensité des courants de plaques à l'aide de l'une des clés (3) ; l'autre, de zéro à 1000, sert pour la mesure de l'intensité des courants de chauffage : on fait alors usage des clés de la rangée inférieure (2). Celles-ci sont à trois positions : la position médiane correspond à l'allumage ; si l'on relève l'une d'elles, on insère le milliampèremètre dans le circuit de filaments correspondant ; enfin l'abaissement coupe l'arrivée des 12 volts de chauffage et l'on éteint les deux filaments, mais la lampe de signalisation, n'étant pas alimentée, ne s'allume pas ; de même, le relais-pilote n'est pas actionné et la sonnerie d'alarme reste muette. L'extinction simultanée de toutes les lampes peut se faire également par la manœuvre de l'interrupteur général, le premier à gauche sur le panneau 47 au bas de la travée latérale de droite.

Enfin le panneau porte encore un voltmètre (8), qui, à l'aide des clés 6, permet de mesurer la tension de chacune des batteries de l'installation.

2. Au dessous du panneau d'alimentation, se trouve le *panneau de contrôle* (11), avec le potentiomètre général (12), marqué « P » sur la figure 2 ; un téléphone combiné pour les communications de service ; un casque téléphonique pour contrôler, à l'aide des clés 13, les signaux de transmission ou de réception ; enfin quatre rangées, comprenant chacune huit jacks de coupures (14), permettent de faire l'essai et la vérification des différents circuits de l'installation.

3. Le *panneau de mesures* (17) porte un milliampèremètre à lampe (18) pour la mesure des courants d'émission, une ligne artificielle étalonée (19) pour les essais en montage local, et un fréquencemètre à lecture directe (20). La lampe qui accompagne le milliampèremètre 18 est une triode ordinaire dont la grille et la

plaque sont réunies : elle fonctionne comme valve, sans tension de plaque, et redresse la tension alternative aux bornes d'une résistance convenable.

4 et 5. Les panneaux 26 et 27, nus à l'extérieur, supportent respectivement, du côté opposé, la batterie de grilles et l'inductance du fréquencemètre.

Matériel accessoire. — Indépendamment du matériel fixé sur les panneaux, l'installation comprend encore un transmetteur automatique Wheatstone, muni d'un tachymètre, et un récepteur onduleur, enregistrant correctement des signaux émis à la vitesse de 100 bauds. Une bande perforée préparée à l'avance et portant une phrase convenue, permet d'envoyer, dans un relais oscillateur à vérifier et à la vitesse qu'on désire, des signaux faciles à contrôler et à interpréter à l'arrivée. Ce même transmetteur automatique, déroulant sans bande perforée, sert à donner au correspondant des « roulements », c'est-à-dire une suite ininterrompue d'alternances de travail et de repos, permettant la vérification des relais récepteurs.

Un jack supplémentaire sera adjoint au panneau, permettant d'insérer l'ondulateur, soit avant le relais de réception, pour recevoir le courant de plaque, soit après le relais, auquel cas il fonctionnera sous l'action des courants renvoyés par ce dernier. Les dispositions compensatrices convenables seront prises pour que l'insertion de l'ondulateur dans le circuit de plaque ne modifie pas les constantes de celui-ci.

Batteries. — L'installation comprend six batteries :

une *batterie de chauffage*, de 12 volts, alimentant deux filaments en série, et dont le débit total est de 8^h,6 ;

une *batterie de plaques*, de 150 volts, débitant environ 120 milliam-pères ;

une *batterie de grilles*, de 60 volts, constituée par des éléments de piles sèches, dans une boîte fixée par des brides, derrière le panneau 26, comme il est dit plus haut ; trois prises permettent de renvoyer aux grilles 14, 18 ou 60 volts négatifs ; son débit est pratiquement nul ;

une *batterie de compensation*, de 50 à 70 volts, débitant environ 30 milliampères, au total, dans le circuit de compensation des relais récepteurs ; on peut aussi utiliser, pour cet objet, la batterie de plaques, soit en y ménageant une prise intermédiaire, soit en utilisant un rhéostat réducteur ; dans tous les cas, on intercale sur la prise un filtre destiné à étouffer les bruits produits par induction entre les enroulements des relais ;

deux *batteries télégraphiques*, l'une positive, l'autre négative, de 20 à 25 volts chacune, reliées aux butoirs de travail et de repos des relais récepteurs, pour actionner les relais des installations télégraphiques ; c'est le cas pour Paris, où le panneau est placé à l'entrée du câble, à la station de relais du bureau interurbain, tandis que les appareils Baudot sont au poste central des télégraphes (à 4 kilomètres environ) ; lorsque le panneau et les appareils se trouvent dans le même local (cas de Zurich), il suffit de munir le butoir de travail du relais récepteur d'une seule *batterie d'aiguillage*.

Réglages. — Tous les réglages peuvent se faire sans l'intervention du poste correspondant.

Les relais doivent être soigneusement vérifiés, nettoyés et réglés à l'indifférence : ceux de transmission parce qu'ils sont commandés en local par les appareils télégraphiques, ceux de réception parce qu'on a la ressource d'agir sur le circuit de compensation pour favoriser les déplacements de l'armature dans un sens ou dans l'autre. Les relais n'étant pas fixés, mais simplement maintenus dans des broches formant ressort, comme il est dit plus haut, ils peuvent être manipulés sans difficulté. Dans le cas de grandes vitesses de signalisation, comme au baudot, et lorsqu'on opère sur des circuits de grande longueur, ce qui est le cas pour Paris—Zurich, on limite les effets d'établissement des émissions en favorisant les relais oscillateurs vers le repos, de manière à obtenir des signaux un peu secs. Cette vérification se fait au moyen du casque et doit être renouvelée de temps à autre : une oreille quelque peu exercée saisit facilement toute irrégularité dans l'émission des signaux.

Le réglage des relais d'émission et, principalement, le jeu laissé à l'index, ont une très grande importance ; afin que ce jeu puisse

être réglé une fois pour toutes, on a fait usage du relais Baudot modifié par Robichon, qui permet de déplacer les noyaux des électro-aimants par rapport à l'armature sans avoir à toucher aux butoirs.

Le chauffage des filaments se règle au moyen du rhéostat de l'oscillateur ou du récepteur : en abaissant la clé d'allumage, on intercale l'ampèremètre dans le circuit et l'on vérifie l'intensité, qui ne doit pas descendre au-dessous de $0^{\text{A}},7$.

L'oscillateur comporte deux réglages : celui de la fréquence et celui de l'intensité. Le premier s'opère à l'aide du fréquencemètre et en agissant sur la self variable, préalablement débloquée. Pour régler l'intensité, on fait usage du milliampèremètre à lampe (18, panneau de mesures 17, de la figure 5) et du bouton de la résistance variable. Ces deux réglages sont absolument indépendants l'un de l'autre, comme il a été dit plus haut. Il n'est pas indispensable de les répéter chaque jour : il suffit d'y procéder de temps à autre : une fois par semaine, par exemple.

Le récepteur peut se régler soit en local, soit en ligne. Dans le premier cas, on utilise le transmetteur de même fréquence pour transmettre dans ce récepteur, à travers la ligne artificielle (19), dont l'affaiblissement correspond à l'équivalent du circuit. Le relais de l'oscillateur étant commandé par des courants alternés, on peut contrôler de trois manières le fonctionnement du récepteur : par le milliampèremètre, par le parleur ou par l'écoute au casque. On règle la réaction un peu au-dessous (deux ou trois plots) de la position pour laquelle le récepteur « accroche ». On a remarqué, toutefois, que la réaction doit être moins poussée aux fréquences basses. Cette mise au point ne varie pas, mais doit être refaite chaque fois qu'on change de lampe.

Tous ces réglages sont effectués lors des premiers essais d'une installation ; ils sont d'une grande stabilité et, au cours de l'exploitation, il suffit de s'assurer de leur conservation. D'ailleurs, si le circuit reste normal et si les batteries d'alimentation sont bien entretenues, une variation de réglage trahirait une modification de l'état d'une lampe, qui serait alors à surveiller ou, mieux encore, à remplacer. Il suffit donc de vérifier, chaque matin, la propreté des contacts et le réglage des relais, de contrôler les tensions d'alimentation,

l'intensité des courants de plaques des lampes oscillatrices et amplificatrices, ainsi que celle des courants détectés. Puis on se porte en écoute sur les différentes fréquences, pour juger, comme il vient d'être dit, de la qualité des signaux. On peut aussi s'entendre avec le correspondant pour l'envoi et la réception de « roulements » ; à l'arrivée, ceux-ci sont vérifiés d'abord à l'ouïe, puis à l'aide d'un milliampèremètre à zéro médian : les voltages des butoirs du relais ayant été préalablement reconnus parfaitement égaux, les deux alternances doivent, de même, être bien égales et l'aiguille du milliampèremètre doit osciller autour du zéro. Si l'oscillation a lieu d'un côté ou de l'autre de ce point, on en déduit dans quel sens le relais est « favorisé », et l'on compense en conséquence. En cas d'insuccès, on demande au correspondant de contrôler et, éventuellement, de modifier son émission. Lorsque l'égalité parfaite est obtenue, l'essai est recommencé avec une vitesse majorée de 20 à 25 p. 100. En d'autres termes, on vérifie d'abord à la vitesse normale de 75 bauds et ensuite aux environs de 90.

Ces mêmes moyens permettent de localiser rapidement un défaut, soit qu'il affecte simultanément toutes les fréquences, auquel cas on agit sur le potentiomètre général, quitte à faire vérifier ensuite l'équivalent de transmission du circuit ; soit qu'il se manifeste sur une seule fréquence : en mesurant les intensités de chauffage et de plaque, en agissant sur l'amplification, on doit obtenir une plage très nette de bon fonctionnement, comprise entre deux régions extrêmes où la réception est, respectivement, sèche ou grasse ; en cas d'insuccès, on fera vérifier l'oscillateur du correspondant : celui-ci écouterà le fonctionnement du relais, vérifiera les intensités de chauffage et de plaque, mesurera la fréquence et l'intensité des émissions, etc...

En résumé, une fois exécutés les réglages, très simples et très stables, indiqués ci-dessus, les défauts, au cours de l'exploitation, seront extrêmement rares ; s'il vient à s'en produire, on aura recours, tout d'abord, à l'écoute au casque, possible sur tous les circuits du panneau, et l'on déterminera, rapidement et sûrement, s'ils sont imputables à un organe de l'installation ou aux appareils télégraphiques proprement dits. Leur durée sera donc réduite au minimum.

Résultats obtenus. — Depuis six mois qu'elle est en service, l'installation n'a pas cessé de donner d'excellents résultats, et les quelques difficultés qui se sont produites de temps à autre, notamment au début, étaient toutes imputables à l'inexpérience du personnel des centraux télégraphiques, aussi bien à Zurich qu'à Paris, à l'égard du nouveau système.

Celui-ci dessert actuellement au quadruple Baudot :

1. *Paris—Zurich—Wien*, avec retransmission automatique à Zurich ;

2. *Londres—Paris-Central—Zurich*, avec retransmission à Paris ;

3. *Londres—Paris-Bourse—Zurich*, idem.

4. *Paris—Berne—Lausanne* : là, le relais récepteur du panneau harmonique transmet directement dans le pont d'un relais différentiel placé en tête d'un circuit duplex Zurich—Berne—Lausanne, sans aucun dispositif rectificateur ; ce dernier relais, lorsqu'il est lui-même actionné par les signaux de Berne et de Lausanne, les renvoie à un oscillateur, qui les réexpédie sur Paris.

Une cinquième communication, *Paris—Genève*, bien que prévue au programme, a été différée, en attendant que les deux administrations se soient mises d'accord pour augmenter les moyens d'action de Genève, lors des réunions de la Société des nations : on installerait, à Paris et à Genève, deux distributeurs quadruples, transmettant l'un dans un sens, l'autre dans le sens opposé, et utilisant, entre Paris et Zurich, l'une des fréquences du système harmonique ; les renvois, dans ce dernier poste, se feraient comme sur Berne—Lausanne. Du côté de Paris, les huit secteurs seraient répartis entre Paris-Central, Paris-Bourse et Londres.

Dès que cette installation sera réalisée, cinq fréquences se trouveront en exploitation, fournissant au total, 24 secteurs, sur les 48 que peut donner le panneau exploité au quadruple : il reste, on le voit, une belle marge pour les communications futures.

Il convient d'ailleurs de remarquer que le rendement du quadruple ne constitue pas un maximum : en effet, des essais ont été faits, en laboratoire, sur une boucle Paris—Colmar—Paris, soit 950 kilomètres de ligne réelle ; les six fréquences ont parfaitement fonctionné *en sextuple*. En admettant que, pour se réserver une

bonne marge de sécurité, on maintienne le quadruple sur les fréquences extrêmes, les quatre autres pourraient alimenter des sextuples et l'on arriverait à un rendement total de 64 secteurs Baudot.

Enfin, pour terminer, mentionnons une constatation extrêmement importante faite à Zurich, lors de l'installation du système harmonique : le panneau S.E.L.T. a été permuté, pendant vingt-quatre heures, avec le panneau Siemens existant dans ce poste : ce dernier recevait donc les signaux Baudot émis par Paris, tandis que le système français assurait les communications de Zurich avec divers postes allemands, par l'intermédiaire d'un panneau Siemens placé à Francfort. Il est donc démontré que l'identité d'installation, aux deux extrémités d'un circuit, n'est pas indispensable, et que les systèmes français et allemand peuvent parfaitement correspondre ensemble. C'est là un avantage de premier ordre, qui facilitera grandement l'établissement de communications internationales, sans que l'un des pays doive obligatoirement adopter le système harmonique de l'autre.

On voit donc que les conclusions optimistes du précédent article n'étaient pas exagérées.

Étude théorique de LA SENSIBILITÉ DANS UNE MESURE AU PONT DE WHEATSTONE,

par H. CAILLEZ,
ingénieur des Postes et Télégraphes.

Il est bien connu que, dans la mesure d'une résistance x par la méthode du pont de Wheatstone, il y a intérêt à choisir le rapport des résistances a et b , constituant les bras de proportion, de manière que la valeur de la résistance de comparaison c qui permettra d'équilibrer le pont soit le plus grand possible. Si, par exemple, cette résistance peut prendre, ohm par ohm, toutes les valeurs depuis 0 jusqu'à 10.000 ohms au moins (ce qui est le cas de la généralité des boîtes à pont), on peut ainsi déterminer x avec quatre chiffres exacts. Or les boîtes ordinaires ne permettent de donner à a et b que les valeurs 10, 100 ou 1.000 ohms. Le rapport $\frac{a}{b}$ ne peut donc prendre que les valeurs $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{10}$, 1, 10, 100 ou 1.000, ce qui conduit, si x est compris

entre 0 et 100 ohms, à prendre $\frac{a}{b} = \frac{1}{100}$;

entre 100 et 1.000 ohms, — $\frac{a}{b} = \frac{1}{10}$;

entre 1.000 et 10.000 ohms, — $\frac{a}{b} = 1$;

etc...

Mais un même rapport $\frac{a}{b}$ peut s'obtenir sous plusieurs formes équivalentes. Ainsi, pour faire $\frac{a}{b} = \frac{1}{10}$, on peut prendre soit $a = 100$ et $b = 1.000$, soit $a = 10$ et $b = 100$.

Nous nous proposons donc, dans cette étude, de déterminer

quelles sont, dans chaque cas, les valeurs les plus favorables à choisir pour a et b .

En adoptant les notations de la figure 1, on écrit immédiatement les relations :

$$i_1 + i_2 - I = 0, \quad (1)$$

$$i_1 - i_3 - i = 0, \quad (2)$$

$$i_3 + i_4 - I = 0, \quad (3)$$

$$ai_1 - bi_2 + gi = 0, \quad (4)$$

$$xi_3 - ci_4 - gi = 0, \quad (5)$$

$$ai_1 + xi_3 + pI = E. \quad (6)$$

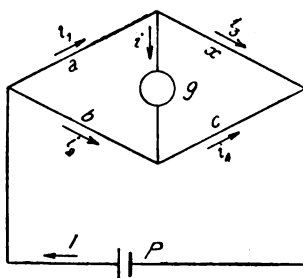


Fig. 1.

Les trois premières donnent successivement :

$$i_2 = I - i_1,$$

$$i_3 = i_1 - i,$$

$$i_4 = I - i_1 + i;$$

d'où, pour (4), (5) et (6) :

$$\begin{cases} (a + b) i_1 - bI + gi &= 0, \\ (x + c) i_1 - cI - (x + c + g) i &= 0, \\ (a + x) i_1 + pI - xi &= 0. \end{cases}$$

La résolution de ce système conduit facilement à :

$$i = E \frac{ac - bx}{abc + abg + abx + acx + acg + bcx + bxg + cxy + p[(a + b)(x + c) + g(a + b + c + x)]}.$$

Pour alléger les calculs, nous supposons, ainsi qu'il est légitime de le faire d'ordinaire, que la résistance p est négligeable devant les autres résistances. Il reste alors :

$$i = E \frac{ac - bx}{abc + abg + abx + acx + acg + bcx + bgx + cgy},$$

ou (8)

$$i = E \frac{ac - bx}{c(ab + ax + ag + bx + gx) + abg + abx + bgx}.$$

Cette expression peut s'écrire :

$$i = E \frac{ac - bx}{Mc + N}, \quad (9)$$

avec

$$\begin{cases} M = ab + ax + ag + bx + gx, \\ N = abg + abx + bgx. \end{cases}$$

Or l'équilibre du pont est obtenu lorsque :

$$ac - bx = 0.$$

Dans ces conditions, on peut poser :

$$\frac{a}{b} = \frac{x}{c} = \frac{1}{\lambda}. \quad (10)$$

On aura alors, à l'équilibre :

$$\begin{cases} b = a\lambda, \\ c = x\lambda. \end{cases} \quad (11)$$

La sensibilité de la mesure est caractérisée par la valeur $\left(\frac{di}{dc}\right)_0$ de $\left(\frac{di}{dc}\right)$ au moment de l'équilibre. Or :

$$\frac{di}{dc} = E \frac{aN + bxM}{(Mc + N)^2};$$

et, en appelant M_0 et N_0 les valeurs de M et N quand on y donne à b et c les valeurs (11), on a :

$$\left(\frac{di}{dc}\right)_0 = E \frac{aN_0 + \lambda axM_0}{(M_0\lambda x + N_0)^2} = \frac{Ea}{M_0\lambda x + N_0}.$$

Or :

$$\begin{aligned} M_0 &= \lambda a^2 + [x(1 + \lambda) + g]a + gx, \\ N_0 &= \lambda[(x + g)a^2 + gxa]. \end{aligned}$$

Donc

$$\left(\frac{di}{dc}\right)_0 = \frac{E}{\lambda} \frac{a}{[x(1 + \lambda) + g]a^2 + x[x(1 + \lambda) + 2g]a + gx^2}. \quad (12)$$

On se propose de déterminer quelle valeur il faut donner à a pour rendre cette sensibilité maximum. On a :

$$\frac{d}{da} \left(\frac{di}{dc}\right)_0 = \frac{E}{\lambda} \frac{gx^2 - x(1 + \lambda) + ga^2}{\{[x(1 + \lambda) + g]a^2 + x[x(1 + \lambda) + 2g]a + gx^2\}^2},$$

qui s'annule pour :

$$a^2 = \frac{gx^2}{x(1+\lambda) + g},$$

ou

$$a = \frac{\sqrt{g} x}{\sqrt{(1+\lambda)x + g}}. \quad (13)$$

Ainsi, lors de la mesure d'une résistance x , quand on a fait choix du rapport de proportion convenable $\frac{1}{\lambda}$ de telle sorte que la valeur de la résistance de comparaison c soit le plus grand possible, la valeur optimum à choisir pour a est donnée par la formule (13).

Remarquons tout de suite que, λ étant fixé, la valeur optimum de a croît avec x . La sensibilité maximum possible correspondant à chaque valeur de x s'obtient en remplaçant a par sa valeur (13) dans (12), ce qui donne :

$$\begin{aligned} \left(\frac{di}{dc}\right)_{\text{max}} &= \frac{E}{\lambda} \cdot \frac{1}{x} \cdot \frac{1}{2\sqrt{g}\sqrt{(1+\lambda)x + g} + [x(1+\lambda) + 2g]} = \\ &= \frac{E}{\lambda} \cdot \frac{1}{x} \cdot \frac{1}{2\sqrt{g}\sqrt{(1+\lambda)x + g} + \sqrt{g} + x(1+\lambda)}. \end{aligned} \quad (14)$$

Il est facile de voir que, λ étant fixé, cette sensibilité maximum va constamment en décroissant pour des valeurs croissantes de x .

Il reste maintenant à voir comment, dans le cas des boîtes de pont ordinaires et par exemple dans le cas de la boîte de mesures administrative, on devra choisir pratiquement a , puisque cette résistance ne peut prendre que les valeurs 10, 100 ou 1.000 et que par suite il est impossible de lui donner, suivant la résistance à mesurer, sa valeur théorique (13).

Nous envisagerons différents cas :

1° La résistance x est inférieure à 100 ohms. — Dans ce cas, le rapport de proportion à choisir est $\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100}$, ou $\lambda = 100$. Si nous tenons compte de ce que, dans la boîte de mesures administrative, la résistance du galvanomètre est de 150 ohms, la valeur théorique de a , pour $x = 100$ ohms, serait :

$$a = \sqrt{\frac{1.500.000}{10.100 + 150}} = 12 \text{ ohms environ.}$$

Cette valeur est comprise entre 10 et 100 ohms. Il n'est donc pas évident que, pour $x = 100$ ohms, ce soit la valeur 10 ohms qui soit la plus favorable pour a .

Cherchons donc séparément $\left(\frac{di}{dc}\right)_0$ pour $a = 10$ et $a = 100$,

l et x ayant la valeur 100 :

Pour $a = 10$:

$$\begin{aligned}\left(\frac{di}{dc}\right)_0 &= \frac{E}{100} \cdot \frac{10}{1.025.000 + 10.400.000 + 1.500.000} = \\ &= \frac{E}{100} \cdot \frac{10}{12.925.000} = \frac{E}{100} \cdot \frac{1}{1.292.500} ;\end{aligned}$$

Pour $a = 100$:

$$\begin{aligned}\left(\frac{di}{dc}\right)_0 &= \frac{E}{100} \cdot \frac{100}{102.500.000 + 104.000.000 + 1.500.000} = \\ &= \frac{E}{100} \cdot \frac{1}{2.080.000} .\end{aligned}$$

La sensibilité pour $a = 100$ est donc plus petite que pour $a = 10$. On peut d'ailleurs calculer à partir de quelle valeur de x il serait plus avantageux de prendre $a = 100$. Cette valeur est celle pour laquelle la sensibilité pour $a = 10$ est égale à celle pour $a = 100$. On a donc à résoudre l'équation :

$$\frac{10}{101x + 150} \cdot \frac{100 + x(101x + 300)}{10 + 150x^2} = \frac{100}{(101x + 150) \cdot 10.000 + x(101x + 300) \cdot 100 + 150x^2} ,$$

équation dont la résolution donne : $x = 680$ ohms. Cette valeur étant supérieure à 100 ohms, on voit que, pour toute valeur de x inférieure à 100 ohms, on a intérêt à prendre :

ce qui entraîne $a = 10$ ohms,

$b = 100$ ohms.

2° La résistance x est comprise entre 100 et 1.000 ohms. — Dans ce cas, on doit prendre $\frac{1}{l} = \frac{1}{10}$, ou $l = 10$. Calculons les valeurs théoriques de a aux deux bornes de cet intervalle.

1) Pour $x = 100$ ohms

$$a = \sqrt{\frac{1.500.000}{1.100 + 150}} = \sqrt{1.200} = 34,6 ,$$

Cette valeur étant comprise entre 10 et 100, calculons, comme dans

le cas précédent, la valeur de x à partir de laquelle (lorsque $l = 10$) il y a intérêt à prendre $a = 100$ au lieu de $a = 10$. On a à résoudre l'équation :

$$\frac{10}{(11x + 150)100 + x(11x + 300) \times 10 + 150x^2} = \frac{100}{(11x + 150)10.000 + x(11x + 300) \times 100 + 150x^2}$$

La résolution de cette équation donne : $x = 85$ ohms. Donc, même pour $x = 100$ ohms, il y a intérêt à prendre

$$a = 100 \text{ ohms,}$$

$$\text{et par suite} \quad b = 1.000.$$

2) Pour $x = 1.000$,

$$a = \sqrt{\frac{150 \times 10^6}{11.150}} = \sqrt{1.345} = 116.$$

Cette valeur étant plus grande que 100, déterminons encore la valeur de x à partir de laquelle, pour $l = 10$, il y aurait intérêt à prendre $a = 1.000$ au lieu de $a = 100$. On a à résoudre l'équation :

$$\frac{100}{(11x + 150)10.000 + x(11x + 300) \times 100 + 150x^2} = \frac{10.000}{(11x + 150) \times 10^6 + x(11x + 300) \times 1.000 + 150x^2}$$

qui donne : $x = 7.400$ ohms.

Cette valeur étant supérieure à 1.000, on voit que, pour toute valeur de x comprise entre 100 et 1.000 ohms, on doit prendre :

$$a = 100,$$

$$\text{et par suite} \quad b = 1.000.$$

3° La résistance x est comprise entre 1.000 et 10.000 ohms. —

On doit prendre dans ce cas $l = 1$. Calculons les valeurs théoriques de a aux deux bornes de cet intervalle.

1) Pour $x = 1.000$:

$$a = \sqrt{\frac{150 \times 10^6}{2.000 + 150}} = 264.$$

Cette valeur étant comprise entre 100 et 1.000, cherchons à partir de quelle valeur de x il y a intérêt (lorsqu'on a $l = 1$) à prendre $a = 1.000$ au lieu de $a = 100$. On a à résoudre l'équation :

$$\frac{100}{(2x + 150) \times 10.000 + 2x(x + 150) \times 100 + 150x^2} = \frac{1.000}{(2x + 150) \times 10^6 + 2x(x + 150) \times 1.000 + 150x^2}$$

qui donne : $x = 1.400$ ohms.

Donc, pour $1.000 < x < 1.400$ ohms, on doit prendre

$$a = 100 \text{ ohms,}$$

et par suite

$$b = 100.$$

2) Pour $x = 10.000$:

$$a = \sqrt{\frac{150 \times 10^3}{20.000 + 150}} = 865.$$

Cette valeur est comprise entre 100 et 1.000 ohms ; mais le calcul précédent nous a montré que, pour $x > 1.400$ ohms, il y avait intérêt à prendre $a = 1.000$ ohms. Donc, pour $1.400 < x < 10.000$, on doit prendre :

$$a = 1.000,$$

d'où :

$$b = 1.000.$$

4° La résistance x est comprise entre 10.000 et 100.000 ohms. —

Il faut prendre dans ce cas $\frac{1}{\lambda} = 10$, ou $\lambda = \frac{1}{10}$. La valeur théorique minimum de a , pour $x = 10.000$ dans ces conditions, serait :

$$a = \sqrt{\frac{150 \times 10^3}{11.000 + 150}} = 1.160.$$

Cette valeur est déjà supérieure à 1.000 ohms. Comme on ne peut donner à a une valeur supérieure à 1.000 ohms, ce sera donc cette valeur qui conviendra. Donc, pour $10.000 < x < 100.000$, on choisira :

$$a = 1.000,$$

et

$$b = 100.$$

5° La résistance x est comprise entre 100.000 ohms et 1 mégohm.

— Il faut prendre alors $\frac{1}{\lambda} = 100$, ou $\lambda = \frac{1}{100}$. On trouverait encore que la valeur $a = 1.000$ est la préférable. Donc, dans ce cas, on choisira :

$$a = 1.000,$$

et

$$b = 10.$$

RÉSUMÉ. — Le tableau suivant indique les valeurs optima de a et b à adopter suivant la valeur de la résistance à mesurer :

x	l	$\frac{a}{b}$	a	b
0	100	$\frac{1}{100}$	10	1.000
100	10	$\frac{1}{10}$	100	1.000
1.000	1	1	100	100
1.400	1	1	1.000	1.000
10.000	$\frac{1}{10}$	10	1.000	100
100.000	$\frac{1}{100}$	100	1.000	10
1.000.000				

REMARQUE. — La relation (14) montre que, dans la mesure d'une résistance donnée x , la sensibilité maximum décroît lorsque l augmente. On peut donc se demander s'il est bien correct, ainsi qu'on le fait d'ordinaire et que nous l'avons encore dit au début de cette note, de choisir le rapport $\frac{1}{l}$ petit en vue de pouvoir équilibrer x avec la plus grande valeur possible de la résistance de comparaison et d'obtenir celle-ci avec quatre chiffres.

Nous allons voir qu'il y a bien intérêt à opérer ainsi. En effet, le résultat cherché est d'obtenir x avec le plus de précision possible, c'est-à-dire de réduire au minimum l'erreur relative $\frac{\Delta x}{x}$ possible sur x . Or : $x = \frac{c}{l}$.

Donc :

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{1}{.l}, \quad \frac{\Delta c}{c} = \frac{1}{.l^2} \cdot \frac{\Delta c}{x}.$$

Mais l'erreur absolue Δc que l'on peut commettre sur c sera évidemment d'autant plus grande que la sensibilité de la mesure sera plus faible. Donc l'erreur relative $\frac{\Delta x}{x}$ peut se caractériser par le produit

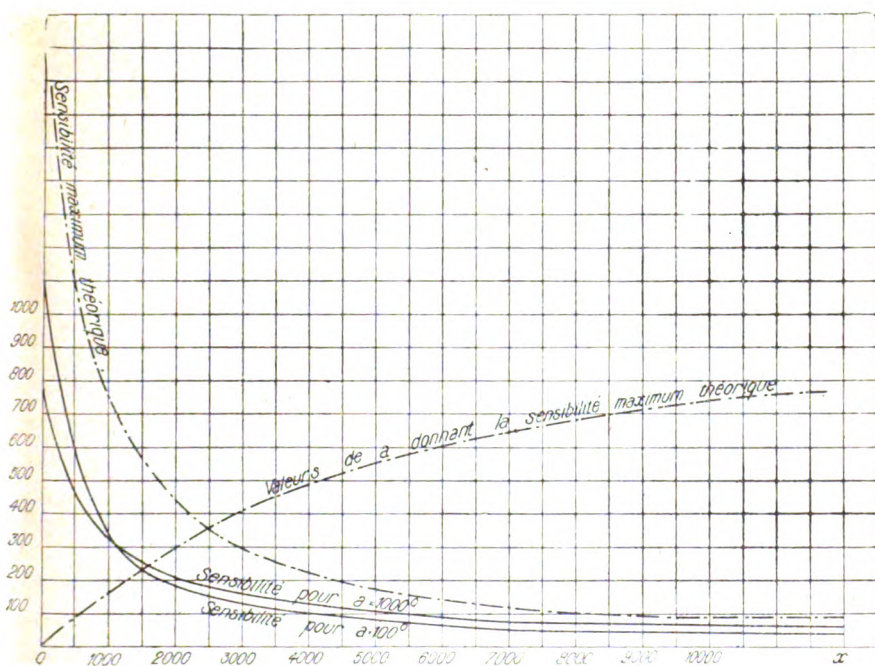


Fig. 2. — Forme générale des courbes de sensibilité correspondant à un rapport donné $\frac{1}{\lambda}$.

(Cas de $\lambda = 1$ [x compris entre 1000 et 10000 ohms]).

Les courbes en trait plein correspondent aux valeurs pratiques de a .

de $\frac{1}{x.l^2}$ par l'inverse de la sensibilité dans la détermination de c , autrement dit par le produit :

$$\frac{2 \sqrt{g} (\sqrt{(1 + .l) x + g} + \sqrt{g}) + (1 + .l)}{E.l}.$$

Or il est facile de voir que cette fonction de λ est constamment décroissante quand λ croît. Il y a donc bien intérêt à prendre λ le plus grand possible, donc $\frac{1}{\lambda}$ petit, afin de réduire l'erreur relative maximum possible sur x , c'est-à-dire d'augmenter au maximum la précision de la mesure.

THÉORIE DE LA TÉLÉPHONIE SUR LES CIRCUITS,

en particulier sur les circuits pupinisés, ⁽¹⁾

par Hermann SCHULZ,
du Telegraphentechnisches Reichsamt, Berlin.

Remarques préliminaires. — L'étude suivante est un exposé, à la vérité très condensé et limité aux principes fondamentaux, de la théorie de la téléphonie sur les lignes pupinisées, qui est si importante pour le technicien des communications électriques. Comme cette théorie est étroitement liée à la théorie générale des circuits téléphoniques dont elle dérive, on a développé également les principes les plus essentiels de cette théorie. La compréhension de ce travail suppose quelque connaissance de la question. Cette étude a pour but en premier lieu d'offrir à celui qui débute dans le service technique un moyen de l'aider dans l'étude de ces questions et peut-être plus encore de lui servir de guide s'il veut les reprendre pour les passer au crible de ses propres recherches. Comme la matière traitée ici est développée très rigoureusement, ce travail pourrait bien également être de quelque utilité pour d'autres catégories de lecteurs.

J'ai déjà, il y a plusieurs années, développé dans cette revue la théorie générale du quadripôle dans le cas où le déterminant est différent de l'unité (circuits comprenant des répéteurs), antérieurement aux premières études publiées sur cette question. Dans plusieurs de mes articles (par exemple : *Sur les mesures de l'amplification*, TFT 1925, p. 29; *Sur les constantes du quadripôle*, TFT 1925, p. 269), j'avais laissé entrevoir la publication du présent travail. Si j'ai différé ce projet jusqu'à présent c'est parce que mon distingué

1. *Telegraphen- und Fernsprech-Technik* : juillet, août, septembre, octobre et décembre 1927.

collègue, M. A. Feige, avait déjà choisi le même sujet pour sa thèse de doctorat. Son travail a été publié dans la revue *TFT* sous le titre de *Théorie générale du quadripôle* (numéro de mars 1927, p. 61 et suivantes).

TABLE DES MATIÈRES.

I. Circuit téléphonique homogène.

1. Solution de l'équation des télégraphistes dans le cas de la propagation d'ondes périodiques en régime permanent.
2. Signification physique de la solution analytique. Propagation des ondes sinusoïdales. Lois de leur propagation. Constantes secondaires du circuit.
3. Formes équivalentes des équations. Déterminant.
4. Circuit terminé par un appareil d'utilisation. Réflexions à cette extrémité.
5. Impédance d'entrée du circuit. Circuit électriquement long. Impédances en circuit ouvert et en court-circuit. Mesure des constantes secondaires.
6. Représentation géométrique de la propagation en régime permanent. Diagrammes en spirale.
7. Cas particuliers de transmission. Courant à l'extrémité réceptrice du circuit. Théorème de réciprocité.

II. Circuit composé de sections homogènes.

1. Cas du déterminant égal à 1. Circuit composé de sections adaptées les unes aux autres. Circuit non uniforme ou non homogène de construction symétrique et dissymétrique.
2. Cas du déterminant différent de 1. Théorème général de réciprocité.
3. Constantes secondaires des circuits non homogènes. Mesure à l'aide des impédances en circuit ouvert et en court-circuit. Impédances d'entrée.

III. Relations entre γ , Z et les constantes primaires R, L, G, C , du circuit.

Formules pour β , α et Z . Moyens de diminuer l'affaiblissement.

IV. Distorsion de la parole sur les circuits.

V. Circuits pupinisés.

1. Idée générale. Le circuit pupinisé considéré comme circuit composé. Constante de propagation et impédance caractéristique au sens strict.
2. Approximation par la théorie des filtres. Comparaison avec le circuit homogène équivalent. Formules approximatives pour la constante d'affaiblissement et la constante de longueur d'onde.
3. Fréquence de coupure du circuit pupinisé.
4. Possibilités et considérations diverses relatives à la pupinisation.
5. Pupinisation des circuits aériens.

6. Le circuit pupinisé en deuxième approximation. Expression plus rigoureuse de l'affaiblissement (correction de Pleijel).
7. Impédance caractéristique du circuit pupinisé.
8. Impédance caractéristique d'un circuit pupinisé dont la section terminale a une longueur quelconque. Possibilités d'équilibrage.
9. Règle de Pupin.
10. Impédances caractéristiques du circuit pupinisé dont une cellule présente une irrégularité.
11. Distorsion de la parole sur les circuits pupinisés. Portée maximum d'un circuit pupinisé.

I. CIRCUIT TÉLÉPHONIQUE HOMOGÈNE.

1. Solution de l'équation des télégraphistes dans le cas de la propagation des ondes périodiques en régime permanent. — Supposons un circuit bifilaire possédant, dans chacune des portions dx de sa longueur, les caractéristiques Rdx , Gdx , Ldx , Cdx , expressions dans lesquelles R désigne la résistance des deux fils (résistance de boucle); G , sa perditance; L , son inductance; et C , sa capacité par unité de longueur (kilomètre); de plus, R , G , L et C doivent être indépendants de l'intensité des courants ou des tensions. Le circuit ainsi défini est dit *uniforme* ou *homogène*. Cette notion exclut aussi l'existence de couplages électromagnétiques avec d'autres circuits.

Si l'état d'équilibre électromagnétique du circuit est troublé en un point et d'une manière quelconques, il se produit des phénomènes électrodynamiques qui se propagent le long du circuit sous formes d'ondes, soit pour s'amortir complètement (cas des excitations de choc), soit pour tendre vers un nouvel état d'équilibre électrique (cas où l'on applique une tension continue), soit pour passer finalement à un état de variations régulières appelé régime permanent (cas de perturbations de nature périodique).

Dans chaque cas, se produisent des courants et des tensions qui, en chaque point x du circuit homogène et à chaque temps t , obéissent aux équations générales

$$\begin{aligned}
 -\frac{\partial V}{\partial x} &= RI + L \frac{\partial I}{\partial t}, \\
 -\frac{\partial I}{\partial x} &= GV + C \frac{\partial V}{\partial t}.
 \end{aligned}$$

ou à l'équation qu'on tire de ces dernières et qu'on appelle *équation des télégraphistes* :

$$\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} = RG.W + (RC + GL) \frac{\partial W}{\partial t} + LC \frac{\partial^2 W}{\partial t^2},$$

dans laquelle W désigne la tension ou l'intensité de courant.

Ces équations sont (conformément aux hypothèses sur les caractéristiques du circuit) homogènes, linéaires par rapport à V , I et W .

En téléphonie, les excitations, correspondant à la nature physique des sons articulés, sont principalement périodiques ; ce sont, en général, des phénomènes d'ondes multiples composées d'oscillations sinusoïdales. En outre, ces oscillations ont, la plupart du temps, une si longue durée, que le régime transitoire sur le circuit homogène n'a, en pratique, presque pas d'importance par rapport au régime permanent. Il est donc d'usage, pour plus de facilité, de s'occuper d'abord de ce régime permanent et d'en faire la théorie de façon indépendante. Il se caractérise, d'après la nature linéaire des équations, par ce fait que l'intensité de courant et la tension, en chaque point de la ligne, oscillent avec la même fréquence que le phénomène d'excitation. Le circuit homogène ne transmet par conséquent, en régime permanent, d'autres fréquences que les fréquences d'émission.

Ecrivons, exclusivement pour le régime permanent, les équations sous la forme usuelle complexe :

$$\begin{aligned} - \frac{dV}{dx} &= (R + j\omega L) I = \mathcal{R} I, \\ - \frac{dI}{dx} &= (G + j\omega C) V = \mathcal{G} V; \end{aligned}$$

l'équation des télégraphistes s'écrit alors, par exemple pour la tension :

$$\frac{d^2 V}{dx^2} = \mathcal{R} \mathcal{G} V = \gamma^2 V,$$

dans laquelle la quantité à double détermination γ (km^{-1}) est définie par l'équation :

$$\gamma = \pm \sqrt{\mathcal{R} \mathcal{G}} = \pm \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}. \quad (1)$$

Dans cette formule, R désigne la résistance effective des fils ; $j\omega L$, leur réactance ; G , leur perditance effective ; $j\omega C$, leur perditance par capacité, pour l'unité de longueur (km) et pour une fréquence définie ω .

Les deux valeurs de γ (éq. 1) sont égales en valeur absolue mais de signes contraires. Une des valeurs se trouve dans le premier quadrant du plan des imaginaires et a ainsi des composantes positives ; on pose (notation malheureusement consacrée) :

$$\gamma = \beta + j\alpha.$$

La deuxième valeur se trouve donc dans le troisième quadrant du plan des imaginaires ; ce sera :

$$-\gamma = -\beta - j\alpha.$$

L'intégrale complète de l'équation donnant la tension est :

$$V_x = a_1 e^{-\gamma x} + a_2 e^{\gamma x},$$

où a_1 et a_2 sont deux constantes (complexes) arbitraires (tensions).

L'intensité de courant $\left(-\frac{1}{R} \cdot \frac{dV}{dx}\right)$ est fournie par l'équation :

$$I_x = \frac{a_1}{\left(\frac{R}{\gamma}\right)} e^{-\gamma x} + \frac{a_2}{\left(\frac{R}{-\gamma}\right)} e^{\gamma x} = \frac{a_1}{Z} e^{-\gamma x} + \frac{a_2}{-Z} e^{\gamma x},$$

dans laquelle la quantité Z (impédance complexe sans relation avec la longueur) est définie par l'expression :

$$Z = \frac{R}{(\pm \gamma)} = \pm \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}. \quad (2)$$

Les valeurs de Z se trouvent dans le secteur $\left[-\frac{\pi}{4} \dots 0 \dots +\frac{\pi}{4}\right]$ du plan des imaginaires ainsi que dans l'angle opposé par le sommet. Les deux valeurs de Z correspondent de façon univoque aux valeurs de γ .

On peut exprimer les constantes arbitraires a_1, a_2 des équations donnant V_x et I_x sous une autre forme éga-

lement indéterminée en fonction de la tension V_0 et de l'intensité I_0 en un point fixe $x = 0$ du circuit indéfini des deux côtés, point à

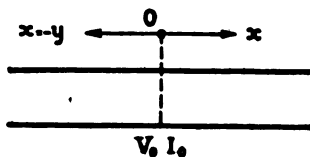


Fig. 1.

partir duquel on comptera toutes les distances x , positives comme négatives (fig. 1); on a :

$$a_1 = \frac{1}{2} (V_0 + ZI_0) = v_0,$$

$$a_2 = \frac{1}{2} (V_0 - ZI_0) = v'_0,$$

et les équations s'écrivent alors :

$$\left. \begin{aligned} V_x &= v_0 e^{-\gamma x} + v'_0 e^{\gamma x} = v_x + v'_x, \\ I_x &= \frac{v_0}{Z} e^{-\gamma x} - \frac{v'_0}{Z} e^{\gamma x} = \frac{v_x}{Z} - \frac{v'_x}{Z} = i_x - i'_x. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Bibliographie : F. BREISIG, *Theoretische Telegraphie*, 2^e édition, 1924 : p. 328 et suiv..

2. Signification physique de la solution analytique. Propagation des ondes sinusoïdales. Lois de leur propagation. Constante d'affaiblissement. Constantes secondaires du circuit. Longueur d'onde. Vitesse de phase. Impédance caractéristique. — La tension et l'intensité de courant en un point x sont respectivement, d'après les équations trouvées précédemment, la somme de deux grandeurs de même espèce.

Si l'on écrit les tensions composantes complexes au point O sous la forme :

$$v_0 = |v_0| e^{j\varphi},$$

$$v'_0 = |v'_0| e^{j\psi},$$

on a, avec $\gamma = \beta + j\alpha$:

$$V_x = |v_0| e^{-\beta x - j(\alpha x + \varphi)} + |v'_0| e^{\beta x} e^{j(\alpha x + \psi)},$$

ou, sous forme réelle :

$$V_{x(t)} = v_{x(t)} + v'_{x(t)} = v_0 e^{-\beta x} \sin(\omega t - \alpha x + \varphi) + v'_0 e^{\beta x} \sin(\omega t + \alpha x + \psi).$$

$v_{x(t)}$ est l'expression analytique d'une onde sinusoïdale amortie se propageant dans le sens des x croissants. Le sens du déplacement de l'onde est donné par l'opposition de signe de ωt (positif) et $-\alpha x$. α , différence de phase entre deux ondes distantes de 1 kilomètre [km^{-1}], se nomme la *constante de longueur d'onde*; la quantité β [km^{-1}] caractérisant l'affaiblissement en amplitude pour 1 kilomètre

est appelée la *constante d'affaiblissement*. La quantité complexe γ [km^{-1}], qui a pour composantes α et β , se nomme la *constante de propagation*.

La phase des oscillations ainsi que le logarithme de l'amplitude décroissent uniformément avec la distance parcourue par l'onde x , l'amplitude décroît elle-même de quantités proportionnelles pour des distances égales. αx se nomme l'*angle de phase*; βx , l'*affaiblissement*; γx , l'*angle de propagation*.

A l'espacement l entre deux points successifs où les oscillations sont en phase, correspond une différence de phase de : $\alpha l = 2\pi$, de sorte que $l = \frac{2\pi}{\alpha}$ désigne la longueur d'onde.

Pendant le temps τ d'une oscillation, l'onde progresse sur le circuit d'une longueur l . La *vitesse de phase* est par conséquent :

$$w = \frac{l}{\tau} = \frac{\omega}{\alpha}.$$

$\frac{1}{w} = \frac{\alpha}{\omega}$ est la durée de parcours de la phase pour 1 kilomètre.

On trouve de même que $v'_{x(l)}$ représente une onde sinusoïdale se propageant dans le sens des x décroissants avec la même vitesse w et subissant le même amortissement.

De même, les expressions i_x et i'_x , dont la différence définit l'intensité de courant I_x (éq. 3), sont des courants sinusoïdaux possédant les mêmes caractéristiques que v_x et v'_x .

Entre les ondes de tension et d'intensité dans chaque sens de propagation, on a, d'après les équations 3, en chaque point x , la relation :

$$\frac{v_x}{i_x} = \frac{v'_x}{i'_x} = Z.$$

Z est l'impédance caractéristique du circuit (pour une onde sinusoïdale en régime permanent).

Les équations (3) ne sont pas modifiées si l'on remplace γ par $-\gamma$ et en même temps Z par $-Z$; v_x et v'_x ainsi que i_x et i'_x ne font alors que permuter. Les deux ondes de tension et d'intensité ne se distinguent donc dans la solution générale (sans conditions terminales définies) que par leurs sens par rapport à un sens positif fixé une fois pour toutes.

3. Formes équivalentes des équations. Déterminant. —

Par une simple transformation des équations 3, on obtient le système :

$$\begin{aligned} V_x &= V_0 \operatorname{ch} \gamma x - Z I_0 \operatorname{sh} \gamma x, \\ I_x &= I_0 \operatorname{ch} \gamma x - \frac{V_0}{Z} \operatorname{sh} \gamma x. \end{aligned}$$

Il existe donc, entre les tensions et les intensités aux extrémités d'un circuit ayant le point 0 (fig. 1) comme origine a et le point $x = + 1$ comme extrémité, les relations :

$$\left. \begin{aligned} V_e &= V_a \operatorname{ch} g - Z I_a \operatorname{sh} g, \\ I_e &= I_a \operatorname{ch} g - \frac{V_a}{Z} \operatorname{sh} g, \end{aligned} \right\} \quad (4 a)$$

ou, sous une autre forme :

$$\left. \begin{aligned} V_a &= V_e \operatorname{ch} g + Z I_e \operatorname{sh} g, \\ I_a &= I_e \operatorname{ch} g + \frac{V_e}{Z} \operatorname{sh} g, \end{aligned} \right\} \quad (4 b)$$

où $g = b + ja$ désigne la constante de propagation $\gamma l = \beta l + ja l$ du circuit entier.

On a, pour chaque système, la relation : $\operatorname{ch}^2 g - \operatorname{sh}^2 g = 1$. Ces équations ne permettent plus de reconnaître les ondes composantes de la tension et de l'intensité de courant, mais elles facilitent les calculs de transmission. Dans ce but, on se sert aussi des expressions qui suivent. Si l'on pose :

$$\operatorname{ch} g = A, \quad Z \operatorname{sh} g = B, \quad \frac{\operatorname{sh} g}{Z} = C,$$

d'où :

$$\begin{aligned} \operatorname{sh} g &= \pm \sqrt{BC}, \\ Z &= \pm \sqrt{\frac{B}{C}}, \\ A^2 - BC &= 1, \end{aligned}$$

le système d'équations devient :

$$\left. \begin{aligned} V_e &= A V_a - B I_a, \\ I_e &= -C V_a + A I_a, \end{aligned} \right\} \quad (5 a)$$

ou :

$$\left. \begin{aligned} V_a &= A V_e + B I_e, \\ I_a &= C V_e + A I_e. \end{aligned} \right\} \quad (5 b)$$

Les deux systèmes ne sont compatibles que parce que le déterminant des coefficients a pour valeur l'unité ; on a, en effet :

$$\Delta = \begin{vmatrix} A & \mp B \\ \mp C & A \end{vmatrix} = A^2 - BC = 1. \quad (6)$$

g et Z (deux complexes, quatre quantités réelles) sont les constantes secondaires du circuit homogène.

Sous la forme des équations (5), A, B, C (quantités complexes dont deux sont indépendantes) sont les paramètres de transmission.

4. Circuit terminé par un appareil d'utilisation. Réflexions à cette extrémité. — Supposons qu'un circuit, limité au point O de la figure 1 comme extrémité e , s'étende du côté des valeurs négatives de $x = -y$ (y positif). Les équations (3) s'écrivent alors :

$$\begin{aligned} V_y &= v_e e^{\gamma y} + p v_e e^{-\gamma y} = v_y + v'_y = v_y (1 + p e^{-2\gamma y}), \\ I_y &= i_e e^{\gamma y} - p i_e e^{-\gamma y} = i_y - i'_y = i_y (1 - p e^{-2\gamma y}), \end{aligned}$$

ou :

$$p = \frac{v'_e}{v_e} = \frac{i'_e}{i_e} = \frac{V_e - Z I_e}{V_e + Z I_e}$$

désigne le rapport constant des ondes de tension et d'intensité incidente et réfléchie à l'extrémité e ($y = 0$).

En fermant l'extrémité du circuit sur une impédance d'utilisation définie R_e , p prend, conformément à la relation $V_e = R_e I_e$, la valeur :

$$p_e = \frac{R_e - Z}{R_e + Z}, \quad (8)$$

que l'on appelle *facteur de réflexion*. Il caractérise le rapport des ondes des deux sens à l'extrémité utile.

Pour un circuit ouvert à l'extrémité utile ($R_e = \infty$), p_e a pour valeur $+1$; pour une ligne en court-circuit ($R_e = 0$), p_e a pour valeur -1 . Dans les deux cas, les ondes réfléchies à l'extrémité sont, par suite, égales aux ondes incidentes ; cependant, dans un circuit ouvert (cf. éq. 7), la tension est réfléchie avec la même phase ($V_e = 2v_e$) ; l'intensité, avec une phase opposée ($I_e = 0$). Dans une ligne en court-circuit, c'est l'inverse qui se produit.

5. Impédances d'entrée du circuit. Circuit électriquement long. Impédances en circuit ouvert et en court-circuit. —

Le rapport de la tension à l'intensité dépendant seulement de p (p_e), en chaque point y d'un circuit (cf. éq. 7), l'impédance U_y est :

$$\frac{V_y}{I_y} = Z \frac{1 + p_y}{1 - p_y},$$

si l'on pose :

$$p_e e^{-2\gamma y} = p_y.$$

A l'origine a d'un circuit de longueur finie, $-x = y = l$, ce rapport $U_a = Z \frac{1 + p_a}{1 - p_a}$ s'appelle l'impédance d'entrée du circuit. Elle est indépendante de l'amplitude de la tension.

La formule 9a s'écrit sous une forme indiquée par Feldtkeller :

$$\frac{U_a - Z}{U_a + Z} (= p_a) = \frac{R_e - Z}{R_e + Z} e^{-2g},$$

ou, en abrégé :

$$\delta(U_a, Z) = \delta(R_e, Z) e^{-2g}. \quad (9b)$$

Emde en a donné une autre forme encore. Si l'on pose :

$$\frac{R_e}{Z} = \text{th } \varepsilon,$$

p_a devient :

$$p_a = -e^{-2(\varepsilon + g)},$$

et

$$U_a = Z \text{th } (\varepsilon + g). \quad (9c) \quad (1)$$

Ces trois formes servent au calcul de U_a comme fonction de R_e pour des constantes secondaires données : g, Z .

La grandeur $p_a = p_e e^{-2g}$ tend vers zéro quand la longueur du circuit croît indéfiniment. Dans un circuit électriquement long ($b > 2$), on peut déjà négliger p_a par rapport à 1 (éq. 9a) pour toutes les valeurs p_e se rencontrant en pratique, de sorte que, dans de tels cas, on peut poser approximativement : $U_a = Z$.

Pour les impédances d'entrée d'un circuit ouvert ou en court-circuit à l'extrémité, on tire de 9a, conformément aux conditions particulières $p_e = +1$ ou $p_e = -1$, les expressions

$$\begin{aligned} U_L &= Z \text{cth } g \quad (\text{Impédance à circuit ouvert}), \\ \text{et} \quad U_K &= Z \text{th } g \quad (\text{Impédance en court-circuit}). \end{aligned}$$

1. Nous avons toujours attribué la paternité de cette importante formule à M. A.-E. Kennelly. Nous signalons cette question, sans vouloir la résoudre, à ceux de nos lecteurs qu'elle pourrait intéresser. (N.d.l.r.)

U_L et U_K sont également deux paramètres de transmission du circuit indépendants l'un de l'autre. Leur mesure conduit par conséquent à q et Z conformément aux formules :

$$\pm \sqrt{U_K U_L} = Z,$$

$$\pm \sqrt{\frac{U_K}{U_L}} = \text{th } g.$$

De th $g = ce^{j\varphi}$, on tire aisément les composantes $a = \alpha l$ et $b = \beta l$ de g en se servant des tables des aide-mémoire, au moyen des formules suivantes :

$$\begin{aligned} \operatorname{th} 2\beta l &= \frac{2c \cos \varphi}{1 + c^2}, \\ \operatorname{tg} 2\alpha l &= \frac{2c \sin \varphi}{1 - c^2}. \end{aligned}$$

Bibliographie : FELDTKELLER, *Ueber den Eingangswiderstand von Vierpolen geringer Dämpfung* (TFT, 1925, p. 189) ;

F. EMDE, *Sinus- und Tangensrelief in der Elektrotechnik*. Sammlung Vieweg et Sohn, n° 69.

6. Représentation géométrique de la propagation en régime permanent. Diagrammes en spirale. — On peut facile-

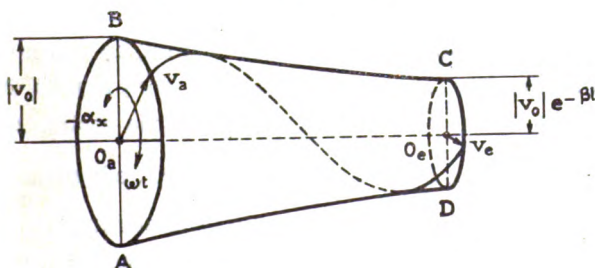


Fig. 2.

ment représenter géométriquement des ondes sinusoïdales en régime permanent, par exemple v_x, v'_x (cf. éq. 3). Imaginons un volume de révolution engendré par la rotation de la surface ABCD (fig. 2) autour de l'axe $O_a O_e$ ayant la longueur l du circuit. Soient $AB = 2|v_0|$ et $DC = 2|v_0| e^{-\beta l}$ les perpendiculaires limitant la surface. Supposons que la distance à l'axe d'un point de BC et AD soit

$|v_0|e^{-\beta x}$. On peut alors considérer tous les parallèles du volume de révolution comme des plans complexes dans lesquels on peut représenter les oscillations locales v_x et v'_x en prenant comme origine le point de rencontre du plan et de l'axe ; les cercles limitant ces sections sont les lieux des extrémités des divers vecteurs. Si l'on représente alors, dans le cercle initial ayant pour centre O_a , le vecteur v_0 avec sa phase initiale, et si on le déplace ensuite, toujours perpendiculairement à l'axe, vers l'extrémité avec la vitesse w , en même temps qu'on le fait tourner de la quantité $-\alpha x$, c'est-à-dire en arrière, par exemple dans le sens de e vers a , il découpe, sur la surface du volume de révolution, une hélice amortie, lieu des extrémités de tous les vecteurs locaux v_x à une époque déterminée t . L'ensemble des perpendiculaires abaissées de cette hélice sur l'axe représente ainsi un certain état de phase, image momentanée de l'onde au temps t . Si l'on fait tourner le corps autour de l'axe avec la vitesse angulaire $+\omega$, on obtient, dans le mouvement de l'hélice, une reproduction de l'onde aux diverses phases.

Cette hélice amortie est en même temps une représentation générale de l'onde rétrograde si l'on permute O_a et O_e et si l'on compte les distances en sens inverse.

Si le rapport entre l'onde directe et l'onde rétrograde (onde réfléchie) est fixé par un appareil terminal défini, on doit considérer en particulier l'onde v'_x . Elle est représentée, dans le plan du cercle terminal décrit autour de O_e comme centre, par le vecteur $v'_e = pv_e$ ($p = \frac{R_e - Z}{R_e + Z}$) qu'on oriente par rapport à v_e ; elle se propage en tournant en sens inverse de v_x , et est amortie en se rapprochant de a . De cette façon, on obtient deux hélices et en chaque point x les deux vecteurs d'ondes v_x et v'_x . Leur composition géométrique fournit alors la tension V_x . On représente d'une manière analogue l'intensité I_x du courant de ligne.

Si le circuit n'a pas de perte ($R = G = 0$), donc aucun affaiblissement, le volume de révolution est un cylindre, donnant des hélices non amorties comme courbes représentatives des ondes.

Si l'on imagine qu'on projette les hélices des deux ondes sur la surface terminale (plan du cercle de centre O_e), on obtient les dia-

grammes en spirale (circulaires pour $\beta = 0$) mentionnés tout d'abord par Breisig, diagrammes que l'on peut facilement tracer d'après les caractéristiques du circuit et de l'appareil d'utilisation et qui, par leur composition, permettent d'obtenir le diagramme donnant l'allure de la tension ou de l'intensité en un point de la ligne.

Pour $p = \pm 1$ (cf. chapitre 4), on obtient, sur un circuit idéal, l'image d'une véritable onde stationnaire caractérisée par l'égalité de phase de $v_x + v'_x = V_x$ en tous les points x de chaque demi-longueur d'onde.

Bibliographie : F. BREISIG, *Theoretische Telegraphie*, 2^e édition, p. 333.

7. Cas particuliers de transmission. Courant à l'extrémité réceptrice du circuit. Théorème de réciprocité. — Si l'on applique, à l'aide d'un générateur de résistance intérieure R_a , une force électromotrice E à l'entrée d'un circuit homogène dont l'autre extrémité est fermée par un appareil d'utilisation R_e , on obtient, pour le sens de a vers e , un cas particulier de transmission qui est mathématiquement caractérisé par les équations de condition correspondantes, à savoir : $E = V_a + R_a I_a$, ainsi que : $V_e = R_e I_e$, à introduire dans l'un ou l'autre des systèmes généraux 4 ou 5.

On peut alors, par exemple, calculer l'intensité terminale I_e parcourant R_e ; on obtient :

$$I_e = \frac{E}{W},$$

avec $W = A (R_a + R_e) + B + C R_a R_e$, ou, en d'autres termes :

$$I_e = e^{-g} \frac{E 2 Z}{(R_a + Z)(R_e + Z) - (R_a - Z)(R_e - Z) e^{-2g}}.$$

Il existe donc, entre I_e et E , une relation linéaire, correspondant aux caractéristiques linéaires du circuit prises comme hypothèse dans le chapitre 1 de cette étude (Indépendance des paramètres A, B, C , ou g, Z par rapport à I, V), sous la condition que R_a et R_e satisfont aux mêmes conditions.

Dans les cas particuliers suivants, on a :

$$\text{a) pour } R_e = Z : \quad I_e = e^{-g} \frac{E}{R_a + Z} ;$$

$$\text{b) pour } R_a = Z : \quad I_e = e^{-g} \frac{E}{R_e + Z} ;$$

$$\text{c) pour } R_a = R_e = Z : \quad I_e = e^{-g} \frac{E}{2Z} ;$$

d) pour un circuit électriquement long ($b > 2$) :

$$I_e = e^{-g} \frac{2ZE}{(R_a + Z)(R_e + Z)} \text{ approximativement.}$$

Dans le cas où la transmission a lieu en sens inverse (R_a appareil d'utilisation, R_e générateur de force électromotrice E'), les équations correspondantes au sens $e \rightarrow a$ (c'est-à-dire l'un des systèmes 4 ou 5 après inversion des signes, soit pour tous les courants, soit pour toutes les tensions), combinées avec les nouvelles conditions terminales : $E' = V_e + R_e I_e$, $V_a = R_a I_a$, donnent l'intensité terminale :

$$I_a = \frac{E'}{W} ,$$

expression dans laquelle W désigne la même impédance que celle qui a été déterminée pour le cas de la transmission de a vers e .

Des forces électromotrices égales produisent donc, dans les deux sens de transmission sur le circuit homogène, des courants terminaux d'égale intensité et, s'il y a égalité des impédances R_a et R_e , mais seulement dans ce cas, des énergies électriques terminales égales. Cette proposition est désignée sous le nom de *théorème de réciprocité* ; il a été établi pour la première fois pour les circuits homogènes par A. Franke.

Bibliographie : A. FRANKE, *ETZ* 1891, p. 461.

II. CIRCUIT TÉLÉPHONIQUE COMPOSÉ DE SECTIONS HOMOGÈNES.

1. Cas du déterminant Δ égal à l'unité. — Le circuit composé est, suivant la définition la plus étroite, une suite de circuits homogènes quelconques montés en série.

Si ces portions de circuits homogènes ont les mêmes impédances

caractéristiques, toutes les ondes passent sans subir de réflexion de chaque section de circuit à la section suivante, et la constante de propagation du circuit composé est égale à la somme des constantes de ses sections (circuit composé de sections *adaptées* les unes aux autres).

Mais, si les impédances caractéristiques des portions de circuit sont différentes, il se produit, aux points de raccordement d'un circuit à l'autre, des ondes réfléchies de telle façon que toutes les tensions et intensités restent constantes en passant d'une section à la section voisine. Les facteurs de réflexion aux points de raccordement sont : $p_{m,n} = \frac{Z_n - Z_m}{Z_n + Z_m}$. Le circuit composé est dit alors circuit *non-homogène* ou circuit *hétérogène*.

Si un circuit non-homogène se compose de n sections, on peut poser n systèmes différents d'équations ayant la forme des équations 4b ou 5b avec des groupes de paramètres différant les uns des autres

$$\gamma_v, Z_v, \text{ ou } A_v, B_v, C_v, \text{ et avec les déterminants } \Delta_v = \begin{vmatrix} A_v & B_v \\ C_v & A_v \end{vmatrix} = 1.$$

Après élimination de toutes les valeurs intermédiaires de la tension et de l'intensité (valeurs aux points de réflexion), on tire de ces systèmes un seul système d'équations pour les valeurs terminales de la tension et de l'intensité. Ce système est également linéaire par rapport à V et I et possède un déterminant qui a encore la valeur 1, comme produit des déterminants des n systèmes d'équations. Le nouveau système a la forme :

$$\begin{cases} V_a = A_1 V_e + B I_e, \\ I_a = C V_e + A_2 I_e, \end{cases} \quad (10 a)$$

ou :

$$\begin{cases} V_e = A_2 V_a - B I_a, \\ I_e = -C V_a + A_1 I_a, \end{cases} \quad (10 b)$$

les deux systèmes étant liés entre eux par la relation :

$$\Delta = \begin{vmatrix} A_1 & B \\ C & A_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A_2 & -B \\ -C & A_1 \end{vmatrix} = A_1 A_2 - BC = \Delta_1 \Delta_2 \dots \Delta_n = 1.$$

Trois seulement des paramètres de transmission A_1, A_2, B, C , sont indépendants à cause de la relation $\Delta = 1$.

A_1 et A_2 sont généralement différents, et ne sont égaux que pour des circuits symétriques (formés de deux moitiés symétriques par rapport au milieu du circuit). On distingue donc, dans les circuits non-homogènes, les circuits symétriques et les circuits dyssymétriques. Les paramètres A_1 , A_2 , B , C , sont donc, d'après l'équation 10c, des éléments de Δ . (Cette méthode de calcul est étudiée plus en détails dans un article de H. Schulz intitulé *Verfahren für Verstaerkungsmessungen* publié dans *T.F.T.* 1925, p. 29). Mais on peut aussi les calculer en mesurant l'impédance en circuit ouvert et en court-circuit de la ligne à chacune de ses extrémités. On se sert, pour cette détermination, de la relation : $\Delta = 1$.

D'une façon plus générale, le circuit composé est aussi un ensemble de circuits montés en série avec des quadripôles qui ne sont pas des lignes, comme des transformateurs, des bobines Pupin, des cordons pour le raccordement de circuits, et autres éléments de ce genre.

Tant que les équations de ces quadripôles (linéaires) de transmission ont un déterminant égal à 1, ils appartiennent, comme les circuits de transmission, à la classe des quadripôles passifs.

Pour les circuits composés de quadripôles passifs intermédiaires de cette nature, les équations 10a, 10b, 10c sont également valables.

Bibliographie : A. FEIGZ, *Allgemeine Vierpolthe rie* (TFT, 1927, p. 61).

2. Cas du déterminant Δ différent de l'unité. Théorème général de réciprocité. — L'amplificateur à une direction est un exemple de quadripôle (actif) dont les équations, pour le sens de transmission (ainsi que l'a trouvé Breisig), ont un déterminant de valeur $\Delta = 0$. Pour un amplificateur à deux directions à deux lampes, si l'amplification n'est pas égale dans les deux directions, le déterminant admet une valeur quelconque s'écartant plus ou moins de 1. La même conclusion s'applique par suite aux circuits composés avec amplificateurs intermédiaires de cette catégorie ; ces circuits représentent le cas extrême des circuits hétérogènes à caractéristiques de transmission linéaires.

Si le système linéaire

$$\begin{cases} V_a = A_1 V_e + B I_e, \\ I_a = C V_e + A_2 I_e, \end{cases} \quad (11a)$$

avec $\Delta = A_1 A_2 - BC = D^2 \neq 1, \quad (11c)$

caractérise la transmission sur un circuit avec amplificateurs intermédiaires pour le sens de a vers e , la deuxième forme des équations de ligne correspondant aux équations 10 b, dans le sens de e vers a , s'écrit cette fois :

$$\begin{cases} V_e = \frac{1}{D^2} (A_2 V_a + B I_a) = A'_2 V_a + B' I_a, \\ I_e = \frac{1}{D^2} (C V_a + A_1 I_a) = C' V_a + A'_1 I_a, \end{cases} \quad (11b)$$

où :

$$\Delta' = \begin{vmatrix} A'_2 & B' \\ C' & A'_1 \end{vmatrix} = \frac{1}{D^2} \begin{vmatrix} A_2 & B \\ C & A_1 \end{vmatrix} = \frac{1}{D^2}.$$

Entre 11a et 11b, existe par suite la relation :

$$\Delta \Delta' = 1,$$

ou :

$$\frac{A_1}{A'_1} = \frac{B}{B'} = \frac{C}{C'} = \frac{A_2}{A'_2} \neq 1.$$

L'introduction de conditions terminales définies, dans les deux sens $a-e$ et $e-a$, dans les équations 11a ou 11b ($E = V_a + R_a I_a$, $V_e = R_e I_e$, ou bien $E' = V_e + R_e I_e$, $V_a = R_a I_a$) conduit à la relation :

$$\frac{I_e}{I_a} = \frac{E}{E'} \cdot \frac{1}{\Delta} = \frac{E}{E'} \Delta',$$

expression générale du théorème de réciprocité (cf I. 7), qui renferme tous les cas de circuits (homogènes aussi bien que composés) et s'exprime ainsi :

Des forces électromotrices égales engendrent, dans les deux sens de transmission, des courants terminaux dont le rapport des intensités est égal à la valeur du déterminant des équations générales de transmission. Les intensités terminales ne sont égales les unes aux autres que tant que $\Delta = \Delta' = 1$ (cas qu'on s'efforce d'atteindre en pratique).

On peut déterminer les paramètres A_1, A_2, B, C par des mesures, ainsi qu'il a été indiqué en (a); cependant, leur calcul exige que l'on connaisse la valeur du déterminant Δ , que l'on doit mesurer spécialement.

Bibliographie : A. FEIGL, *Allgemeine Vierpoltheorie* (TFT, 1927, p. 61).

3. Constantes secondaires des circuits non-homogènes. — D'après l'équation 11 c :

$$\frac{A_1 A_2}{D^2} - \frac{BC}{D^2} = 1,$$

on peut définir une grandeur numérique g telle que l'on ait :

$$A_1 A_2 = D^2 \operatorname{ch}^2 g$$

et :

$$BC = D^2 \operatorname{sh}^2 g.$$

Par suite, on peut écrire :

$$A_1 = qD \operatorname{ch} g, \quad A_2 = \frac{1}{q} D \operatorname{ch} g,$$

$$B = WD \operatorname{sh} g, \quad C = \frac{1}{W} D \operatorname{sh} g,$$

où $q = \sqrt{\frac{A_1}{A_2}}$ est une grandeur numérique et $W = \sqrt{\frac{B}{C}}$ est une impédance.

Si l'on pose aussi : $\frac{W}{q} = Z_e$, $qW = Z_a$ ($q = \sqrt{\frac{Z_a}{Z_e}}$), les équations 11a et 11b prennent, après quelques transformations, la forme suivante :

pour le sens $a \rightarrow e$:

$$\left. \begin{aligned} V_a &= \sqrt{\frac{Z_a}{Z_e}} (v_e e^{g_1} + v'_e e^{-g_2}), \\ I_a &= \sqrt{\frac{Z_e}{Z_a}} \left(\frac{v_e}{Z_e} e^{g_1} - \frac{v'_e}{Z_e} e^{-g_2} \right), \end{aligned} \right\} \quad (12 a)$$

pour le sens $e \rightarrow a$:

$$\left. \begin{aligned} V_e &= \sqrt{\frac{Z_e}{Z_a}} (v_a e^{g_2} + v'_a e^{-g_1}), \\ I_e &= \sqrt{\frac{Z_a}{Z_e}} \left(\frac{v_a}{Z_a} e^{g_2} - \frac{v'_a}{Z_a} e^{-g_1} \right), \end{aligned} \right\} \quad (12 b)$$

où, pour simplifier, on a posé :

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} (V_e + Z_e I_e) &= v_e, & \frac{1}{2} (V_e - Z_e I_e) &= v'_e, \\ \frac{1}{2} (V_a + Z_a I_a) &= v_a, & \frac{1}{2} (V_a - Z_a I_a) &= v'_a, \end{aligned}$$

et en outre :

$$\begin{aligned} g_1 &= g + \log D, \\ g_2 &= g - \log D, \\ \left(g &= \frac{g_1 + g_2}{2} \right). \end{aligned}$$

Tant que $\Delta = D^2 = 1$ (état normal qu'on s'efforce de réaliser sur les circuits munis de répéteurs), $\log D = 0$ ou $g_1 = g_2 = g$. Dans le cas du circuit symétrique ($A_1 = A_2$), on a en outre : $Z_a = Z_e = Z$, $q = \frac{1}{q} = 1$. Les équations (12) ont alors la même forme que les équations (3) du circuit homogène (cas particulier de la symétrie).

Les équations (12) s'appliquent par conséquent à la transmission sur tous les circuits possibles. On peut encore tirer de ces équations la représentation de la propagation de deux ondes (expression entre parenthèses de l'équation 12) ; mais cette représentation n'a de réalité physique que dans le cas des circuits homogènes. Dans le cas de dyssymétrie, on doit encore tenir compte des facteurs $q = \sqrt{\frac{Z_a}{Z_e}}$ et $\frac{1}{q} = \sqrt{\frac{Z_e}{Z_a}}$ placés devant les parenthèses (12). Ils représentent, pour la tension et l'intensité, une transformation réciproque, du reste « idéale » c'est-à-dire dénuée d'affaiblissement. On peut également caractériser cette transformation d'après les équations (12) en disant que les ondes de tension et d'intensité subissent un certain affaiblissement, et qu'en outre leur rapport est multiplié par $\frac{Z_a}{Z_e}$ dans le sens de a vers e et par $\frac{Z_e}{Z_a}$ dans le sens de e vers a ,

Conformément à cette manière de voir, on attribue au circuit composé une constante de propagation g et une impédance caractéristique Z , ou, dans le cas de la dyssymétrie, deux impédances caractéristiques Z_a et Z_e . De même on parle de « facteurs de réflexion »

relativement à R_e ou R_a et d'adaptation des appareils d'utilisation, si l'on a $R_e = Z_e$ et $R_a = Z_a$; en fait, les expressions v'_e et $\frac{v'_e}{Z_e}$ disparaissent alors quand on transmet de a vers e , comme disparaissent dans l'autre sens les expressions v'_a et $\frac{v'_a}{Z_a}$.

Si le déterminant Δ est différent de 1, on doit encore distinguer les constantes de propagation g_1 et g_2 , qui sont différentes pour les deux sens de transmission.

Cette théorie offre la possibilité d'apprécier la qualité de la transmission sur tous les circuits, qu'ils soient homogènes ou composés, d'après les mêmes moyens. Ainsi on obtient les constantes secondaires g , Z_a , Z_e par la mesure de l'impédance en circuit ouvert et en court-circuit, mais aux deux extrémités du circuit. On trouve :

$$\begin{aligned} \pm \sqrt{U_{L_a} U_{K_a}} &= Z_a, & \pm \sqrt{U_{L_e} U_{K_e}} &= Z_e, \\ \pm \sqrt{\frac{U_{K_a}}{U_{L_a}}} &= \pm \sqrt{\frac{U_{K_e}}{U_{L_e}}} = \text{th } g. \end{aligned}$$

De $g = \frac{g_1 + g_2}{2}$, on tire des constantes de propagation g_1 et g_2 différentes, seulement après mesure spéciale de la valeur du déterminant $\Delta = D^2$.

La constante de propagation g du circuit composé n'est plus, en général, la somme des constantes de ses éléments; l'affaiblissement b est, par suite des réflexions, la plupart du temps supérieur, et parfois même de beaucoup supérieur, aux diverses constantes d'affaiblissement. Les impédances caractéristiques Z_a , Z_e ne coïncident avec les impédances des sections terminales que si celles-ci sont électriquement longues; autrement, elles s'en écartent beaucoup, et si le circuit n'a pas une structure composée de cellules, leurs courbes varient très irrégulièrement avec la fréquence. On s'est donc efforcé d'éviter les points de réflexion entre les portions du circuit en insérant dans le circuit des transformateurs ou des cellules dyssymétriques dont les impédances caractéristiques coïncident le plus exactement possible avec celle des portions de circuit à réunir.

L'impédance d'entrée du circuit composé avec $\Delta = 1$, $g_1 = g_2$ est, par exemple pour le sens de a vers e (éq. 12a) :

$$U'_a = \frac{V_a}{I_a} = \frac{Z_a}{Z_e} U_a,$$

où U_a , pour un appareil terminal R, est une des expressions données par les formules 9. On obtient, en utilisant la forme indiquée par Feldtkeller (voy. Chapitre I, § 5) :

$$\delta_z(U'_a Z_a) = \delta(R_e Z_e) e^{-2g},$$

ou, avec $\frac{R_e}{Z_e} = \text{th } \varepsilon$, sous la forme donnée par Emde :

$$U'_a = Z_a \text{th}(\varepsilon + g).$$

Bibliographie : H. SALINGER, *Ueber Schaltungen zur Spannungsübersetzung* (Zeitschrift für Fernmeldetechnik, 1924, p. 6) ;

A. FEIGE, *Ueber Wellenwiderstand und Dämpfung inhomogener Gebilde* (ENT, 1924, p. 73) ;

F. BREISIG, *Uebertragungsmass und Vierpolparameter* (ENT, 1926, p. 161) ;

H. SCHULZ, *Verfahren für Verstärkungsmessungen* (TFT, 1925, p. 29) ;

A. FEIGE, *Allgemeine Vierpoltheorie* (TFT, 1927, p. 61).

III. RELATION ENTRE γ , Z ET LES CONSTANTES PRIMAIRES

R , G , L , C . FORMULES POUR β , α ET Z .

On a, d'après les équations 1 et 2,

$$\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} = \beta + j\alpha,$$

$$Z = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}.$$

Dans le circuit 'idéal' (circuit sans pertes, c'est-à-dire] quand $R = G = 0$), on a :

$$\beta = 0, \quad \alpha = \omega \sqrt{CL}, \quad Z = \sqrt{\frac{L}{C}},$$

$$w = \frac{\omega}{\alpha} = \frac{1}{\sqrt{CL}}.$$

La vitesse de phase est, dans ce cas, égale à la vitesse de propagation des ondes $\left(\frac{1}{\sqrt{CL}}\right)$. Il n'y a pas de régime transitoire, la solu-

tion particulière de l'équation des télégraphistes pour le régime permanent est en même temps la solution complète pour la propagation d'ondes périodiques (sans distorsion et sans affaiblissement).

Par suite de l'existence de R et G , l'énergie des ondes subit, le long des circuits réels, des pertes par effet Joule (RI^2dx et GV^2dx). Dans la théorie des ondes, on exprime ce fait en disant qu'il se produit un affaiblissement β .

Les formules valables généralement pour β , α et Z prennent leur forme la plus simple quand on les exprime à l'aide des angles de perte ε et δ . Si l'on pose : $\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{R}{\omega L}$ et $\operatorname{tg} \delta = \frac{G}{\omega C}$ on obtient :

$$\begin{aligned}\beta &= \sqrt{RG} \frac{1}{\sqrt{1-p^2}}, \\ \alpha &= \omega \sqrt{CL} \frac{1}{\sqrt{1-q^2}}, \\ Z &= \sqrt{\frac{L}{C}} \sqrt{\frac{\cos \delta}{\cos \varepsilon}} e^{-j \frac{\varepsilon - \delta}{2}},\end{aligned}$$

formules dans lesquelles, pour simplifier, on a posé :

$$\frac{\sin \frac{\varepsilon - \delta}{2}}{\sin \frac{\varepsilon + \delta}{2}} = p \quad \text{et} \quad \frac{\sin \frac{\varepsilon - \delta}{2}}{\cos \frac{\varepsilon + \delta}{2}} = q.$$

Les valeurs possibles pour p^2 et q^2 sont comprises entre 0 et + 1 par suite de la définition de ε et δ .

Si R et G sont fixes, β prend manifestement sa valeur minimum si $p = 0$ ou $\varepsilon = \delta$, d'où :

$$\frac{R}{G} = \frac{L}{C}.$$

β devient alors :

$$\beta = \sqrt{RG} = R \sqrt{\frac{C}{L}} = G \sqrt{\frac{L}{C}};$$

et, comme on a aussi $q = 0$, on trouve :

$$\alpha = \omega \sqrt{CL}, \quad w = \frac{1}{\sqrt{CL}},$$

et, en outre,

$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}}.$$

Dans ce cas aussi, la solution particulière de l'équation des télégraphistes pour le régime permanent est en même temps la solution complète pour la propagation des ondes périodiques ; mais, cette fois, il y a affaiblissement. Il ne se produit pas de phénomène transitoire sur le circuit. En chaque point x du circuit, les oscillations particulières provoquées par le front de l'onde après le temps $x \sqrt{CL}$ sont immédiatement sinusoïdales. La condition $\frac{R}{G} = \frac{L}{C}$ pour qu'il ne se produise pas de distorsion a été trouvée par Heaviside.

Dans les circuits réels, la condition $\frac{R}{G} = \frac{L}{C}$ n'est jamais remplie. On a toujours $\epsilon > \delta$ ou $\frac{R}{G} > \frac{L}{C}$. On ne réalise par conséquent pas, dans la pratique, la condition d'affaiblissement minimum et d'absence complète de distorsion.

Pour des constantes de perte R et G invariables, l'affaiblissement β croît constamment (synonyme du renforcement de l'inégalité $\frac{R}{G} \neq \frac{L}{C}$) : il croît tout d'abord lentement, mais ensuite très rapidement (voy. fig. 3). Les divers circuits téléphoniques homogènes s'écartent différemment de la condition optimum $\frac{R}{G} = \frac{L}{C}$; par suite, à valeurs égales de R et G , leur affaiblissement est différent. Les câbles ordinaires, formés de conducteurs du diamètre usuel de 0^{mm},8 à 2 millimètres, se comportent d'une manière particulièrement défavorable. Leur affaiblissement est déjà de 9 à 10 fois plus grand que la valeur optimum $\sqrt{RG}$: celui des circuits aériens, par contre, n'est seulement que de 1,5 à 2 fois plus grand (voy. fig. 3).

Pour $p \neq 0$, q a aussi des valeurs différant de 0. Dans la pratique, on a donc toujours $\alpha > \omega \sqrt{CL}$, c'est-à-dire que la vitesse de phase $\frac{\omega}{\alpha}$ des ondes sinusoïdales en régime permanent est constamment inférieure à la vitesse de propagation $\frac{1}{\sqrt{CL}}$, ce qui est une conséquence ainsi qu'une caractéristique, du phénomène transitoire et de la distorsion (voy. pour plus de détails : Chapitre IV).

Dans la pratique, on utilise, pour β , α et Z , des formules appro-

chées commodes, valables seulement pour certains groupes de circuits, parmi lesquels on distingue principalement les circuits aériens et les câbles ordinaires. Dans les premiers, l'inductance est environ

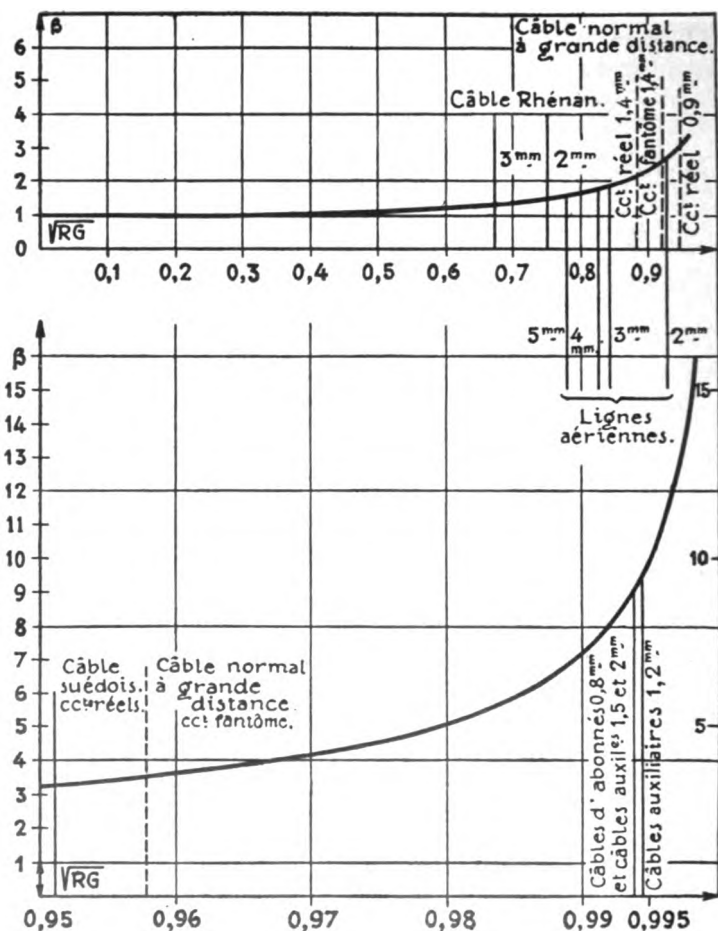


Fig. 3. — Courbe de β en fonction de $p = \frac{\sin 1/2 (\epsilon - \delta)}{\sin 1/2 (\epsilon + \delta)}$.

3 à 4 fois plus grande que dans les câbles ; dans ceux-ci, par contre, la capacité est environ 6 à 7 fois plus grande que dans les circuits aériens.

Dans tous les circuits, la perdite effective G est faible par

rapport à la perdittance par capacité $|j\omega c|$; donc δ est un petit angle et $\cos \delta$ est approximativement égal à 1. Dans les circuits aériens en fil de grand diamètre (4 millimètres et au dessus), la résistance effective R , pour les fréquences pas trop basses, est beaucoup plus faible que la réactance $|j\omega L|$. Dans cette hypothèse et pour de tels circuits, les formules suivantes sont valables en première approximation :

$$\left. \begin{aligned} \beta &= \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2} \sqrt{\frac{L}{C}} = \beta_R + \beta_G, \\ \alpha &= \omega \sqrt{CL}, \\ Z &= \sqrt{\frac{L}{C}} e^{-j \frac{\epsilon}{2}}. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Les formules suivantes, plus approchées, sont valables aussi pour les circuits aériens en fil de plus faible section :

$$\left. \begin{aligned} \beta &= (\beta_R + \beta_G) \left(1 - \frac{a^2}{8\omega^2} \right), \\ \alpha &= \omega \sqrt{CL} \left(1 + \frac{a^2}{8\omega^2} \right), \\ Z &= \sqrt{\frac{L}{C}} \sqrt{\frac{1}{\cos \epsilon}} e^{-j \frac{\epsilon}{2}}, \end{aligned} \right\} \quad (13 a)$$

où l'on a posé :

$$\frac{R}{L} - \frac{G}{C} = a.$$

Dans le domaine de validité de ces formules, on peut regarder la grandeur a (d'après Heaviside) comme une mesure de la façon dont β dépend de la fréquence (ce qu'on appelle la *distorsion* β) et même comme mesure de la déformation ; a caractérise la façon dont le circuit s'écarte de la condition $\frac{R}{L} = \frac{G}{C}$, nécessaire pour une absence complète de distorsion.

La partie de l'affaiblissement β_G provenant de la perdittance effective G est en général, dans les lignes aériennes, négligeable devant la partie β_R due à la résistance effective R . C'est à cause de ce fait que les variations particulièrement élevées de la perdittance effective qui affectent les circuits aériens par suite des changements

de température ont une influence relativement faible sur l'affaiblissement total. Dans le chapitre V de cette étude (§ 5), on verra pourquoi les circuits aériens pupinisés se comportent tout autrement.

Le groupe de formules suivant est applicable aux câbles ordinaires seulement pour la bande de fréquences vocales :

$$\left. \begin{aligned} \beta &= \sqrt{\frac{\omega CR}{2}} \sqrt{\operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2}}, \\ \alpha &= \sqrt{\frac{\omega CR}{2}} \sqrt{\operatorname{ctg} \frac{\varepsilon}{2}}, \\ Z &= \sqrt{\frac{R}{\omega C}} \sqrt{\frac{1}{\sin \varepsilon}} e^{-j \frac{\varepsilon}{2}}. \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Les formules sont exactes pour $G = 0$ ($\delta = 0$).

Pour les câbles dont les conducteurs ont un diamètre inférieur à 1 millimètre, ε se rapproche de la valeur limite $\pi/2$ pour les fréquences vocales faibles et moyennes. Par conséquent, pour ces câbles, on a, en première approximation :

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= \beta = \sqrt{\frac{\omega CR}{2}}, \\ Z &= \sqrt{\frac{R}{\omega C}} e^{-j \frac{\pi}{4}}. \end{aligned} \right\} \quad (14 a)$$

D'après ces formules, α et β varient de la même manière en fonction de ω ; c'est le cas limite de la distorsion sur des circuits homogènes.

Dans le tableau ci-contre, on a fait figurer les caractéristiques de transmission des circuits homogènes usuels pour $\omega = 5000$.

Dans tous les circuits homogènes, à cause de $\varepsilon \neq \delta$, β et Z sont fonction de la fréquence et, pour la même raison, il n'existe plus de relation linéaire entre α et ω . La « distorsion β » consiste dans un accroissement de l'affaiblissement avec la fréquence ; par contre, Z décroît en module et en angle (jusqu'à la valeur limite $\sqrt{\frac{L}{C}}$ pour les fréquences les plus élevées). Cette diminution, surtout dans la bande de fréquences vocales, n'est pas très élevée sur les circuits aériens, tandis qu'elle est beaucoup plus grande sur les câbles.

La durée de la propagation de la phase (Chap. 1, § 2) relative à

TABLEAU NUMÉRIQUE DES CARACTÉRISTIQUES DE TRANSMISSION, POUR $\omega = 5.000$.

TYPE de circuit.	DIAMÈTRE du conducteur en mm.		R ohms/km.	L H/km x 10 ³	G μS/km	C μF/km x 10 ³	$\sqrt{RG} \times 10^3$	$\epsilon = \arccos \frac{e}{L}$	$S = \arccos \frac{C}{G}$	$p = \frac{\sin \frac{\epsilon - \delta}{2}}{\sin \frac{\epsilon + \delta}{2}}$	β $(\text{km})^{-1}$	α $(\text{km})^{-1}$	$Z = Z e^{-j \frac{\epsilon - \delta}{2}}$ $ Z $ ohms	$w_0 = \frac{\sqrt{CL}}{1}$ km/sec	$R - \frac{C}{G} \text{ (sec)}^{-1}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Circuits téléphoniques aériens en bronze.	2	12,0	2,2	1	5,4	3,464	47°30'	27'	0,918	0,00872	0,0189	777	22°41'	290 000	5270
	3	5,44	2,0	1	6,0	2,332	28°33'	1°54'	0,840	0,00488	0,0178	616	13°19'	289.000	2153
	4	3,16	1,9	1	6,4	1,778	18°25'	1°47'	0,824	0,00314	0,0175	560	8°19'	287 000	1510
	5	2,16	1,8	1	6,7	1,470	13°30'	1°41'	0,778	0,00234	0,0174	526	5°45'	253 000	1054
pour cables télégraphiques ordinaires isilés au papier	0,8	74,0	0,6	1	37,0	8,602	87°40'	19'	0,9942	0,0814	0,0843	634	41°41'	212 000	123.173
	1,0	46,0	0,6	1	38,0	6,782	86°16'	18'	0,9946	0,0641	0,0682	493	42°59'	210.000	76.694
	1,5	20,8	0,6	1	39,0	4,560	81°48'	18°	0,9940	0,0420	0,0483	329	40°45'	205.000	34.694
	2	11,7	0,6	1	43,0	3,423	75°37'	16°	0,9940	0,0313	0,0402	237	37°41'	197.000	19.497

1 kilomètre de ligne, $\frac{\alpha}{\omega}$, se rapproche lentement, quand ω croît, de sa valeur la plus faible $\sqrt{CL}$; les phases des fréquences les plus basses se propagent donc sur les circuits homogènes plus lentement que celles des oscillations de fréquence plus élevée.

La « distorsion α » et la « distorsion β » qui affectent un circuit homogène ne jouent aucun rôle dans la pratique, pas même pour les câbles ordinaires puisque ces derniers ne sont utilisés maintenant que pour desservir des distances de quelques kilomètres (principalement pour les lignes d'abonnés).

De leur côté, les grandeurs R , L , G , C sont aussi fonction de la fréquence; L et C , à vrai dire, ne le sont que dans une mesure peu importante pour la pratique. La résistance effective R , par suite de l'effet de peau, croît avec la fréquence, mais cet effet est également négligeable en pratique, en particulier dans le cas de conducteur d'un diamètre inférieur à 3 millimètres. La grandeur G n'est fonction de la fréquence que pour les câbles où elle se manifeste presque exclusivement comme perdite effective diélectrique. Comme ici, l'angle de perte δ , dans la bande de fréquences vocales, est sensiblement constant, $G = \omega C \operatorname{tg} \delta$ croît proportionnellement à ω .

Une augmentation de R a évidemment toujours pour conséquence un accroissement de β . Mais même une augmentation de la perdite G produit le même effet, bien que l'inégalité $\frac{R}{G} \neq \frac{L}{C}$ en soit affaiblie. Pour réduire l'affaiblissement, surtout dans les câbles qui se trouvent placés, d'après leurs caractéristiques, dans des conditions extrêmement défavorables, il faut donc : 1° diminuer R et C , et 2° augmenter l'inductance L . La diminution de R (augmentation du poids de cuivre) est vite limitée par les frais et autres complications qu'elle entraîne. On a abaissé la valeur de C en adoptant l'isolement au papier (possible seulement pour les câbles terrestres et les câbles sous-marins immergés en eaux peu profondes) et établi ainsi de bonnes liaisons téléphoniques sur des distances d'environ 20 à 30 kilomètres. On n'a atteint de plus grandes portées sur les câbles qu'en élevant artificiellement l'inductance selon les procédés de Krarup et surtout de Pupin.

Bibliographie : O. HEAVISIDE, *Electromagnetic theory*, vol. 1, 1893 ;
K. W. WAGNER, *Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiet der mathematischen
Telegraphie* (TFT, fascicule spécial, avril 1919, p. 1) ;
H. SCHULZ, *Ueber Dämpfung und Verzerrung von homogenen Fernspreglei-
tungen* (TFT, 1925, p. 269).

(à suivre.)

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Sur un dispositif permettant de maintenir constante la tension d'alimentation d'un récepteur branché sur un réseau à courant alternatif (Soulié, *C. R. acad. des sciences*, 4 juin 1928). — Si l'on branche aux bornes d'un réseau à courant alternatif un solénoïde à noyau de fer en série avec un condensateur de capacité convenable, on peut arriver à obtenir que le courant fourni au solénoïde soit complètement déwatté et pratiquement indépendant du courant actif de travail fourni par le réseau d'alimentation à un appareil mis en dérivation sur le condensateur.

Le système qui permet de réaliser l'expérience se compose d'un solénoïde à axe vertical contenant un noyau de fer feuilleté, susceptible de se déplacer le long de l'axe ; il entraîne avec lui un disque plongeant dans l'huile et servant d'amortisseur. En série avec le solénoïde, est un condensateur électrolytique de grande capacité ; l'ensemble est relié à un réseau à courant alternatif, à tension variable entre 90 et 115 volts, par exemple.

Un premier appareil d'essai, constitué par un solénoïde de 900 spires, contenant un noyau de fer feuilleté de $4^{\text{cm}} \times 4^{\text{cm}} \times 20^{\text{cm}}$, était en série avec un condensateur de 70 microfarads environ sur un réseau à courant alternatif 50 pér/sec. dont on faisait varier la tension entre 90 et 115 volts.

Les résultats obtenus ont été les suivants :

	1 ^{er} essai.	2 ^e essai.	3 ^e essai.
Tension aux bornes du réseau	90V	100V	112V
Tension aux bornes du solénoïde	188	204	218
Tension aux bornes du condensateur	96,5	96	96

Pendant ce temps, l'intensité du courant, dans l'ensemble, restait sensiblement constante et voisine de 2 ampères : un courant d'utilisation peut être dérivé entre les bornes du condensateur.

Ces chiffres montrent que la tension est sensiblement constante aux bornes du condensateur, tandis qu'elle varie aux bornes du solénoïde par suite du déplacement automatique du noyau de fer à l'intérieur, déplacement qui suit constamment la variation de tension du réseau, grâce à la présence de l'amortisseur, qui l'empêche d'osciller.

Un appareil de construction plus précise fut réalisé, d'après mes indications, par MM. Ropiquet, Hozart et Roycourt en vue de l'adopter au réglage du courant de chauffage d'une ampoule de Coolidge.

Cette fois, au lieu de noter la tension aux bornes du filament de chauffage relié par un transformateur aux bornes du condensateur du montage précédent, on enregistrait l'intensité en milli-ampères du courant à haute tension circulant dans l'ampoule excitée dans les conditions normales. Il est évident que cette façon d'opérer permettait d'amplifier considérablement les lectures, puisque l'émission dans l'ampoule de Coolidge obéit sensiblement à la loi de Stefan, c'est-à-dire qu'elle est proportionnelle à la puissance 4 de la température du filament.

Les résultats obtenus ont été les suivants :

Tension à la source en volts.	Intensité du courant à haute tension dans l'ampoule en milliampères :	
	Avec le stabilisateur.	Sans le stabilisateur.
105	32	17
110	30	26
115	•	48
120	29	56
130	30	•
140	34	•

Il en résulte que le courant à haute tension reste sensiblement constant dans l'ampoule quand son filament est relié au système stabilisateur, c'est-à-dire au condensateur, cela malgré des variations de tension du réseau pouvant atteindre 30 à 40 %. Sans le stabilisateur, on obtient des variations considérables du courant, rendant l'application des rayons X fort difficile.

INFORMATIONS.

Nouveaux timbres-poste français. — Au cours de l'année 1929, il sera procédé aux deux émissions suivantes :

1° pour le centenaire du romantisme : timbre d'un franc à l'effigie de Victor Hugo (tirage et validité illimités) ;

2° pour le cinquième centenaire de la délivrance d'Orléans : timbre de 50 centimes à l'effigie de Jeanne d'Arc (tirage et validité illimités).

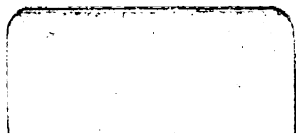
Télégrammes de fin de semaine. — Il a été créé, à partir du 10 novembre dernier, dans les relations de la France avec l'Afrique du sud-ouest, l'Union de l'Afrique du Sud, le Nyassaland, la Rhodésie, l'Australie, la Tasmanie et la Nouvelle-Zélande, un service de télégrammes à tarif réduit et à transmission retardée, dits « télégrammes de fin de semaine », analogues à ceux qui existent déjà entre la France et divers pays de l'Amérique.

Ces télégrammes sont transmis sur les voies de communications des services par les compagnies de câbles intéressées, pendant la nuit du samedi au dimanche, pour être distribués, en principe, dans la matinée du lundi suivant.

Ils peuvent être déposés aux guichets des bureaux télégraphiques du jeudi matin au samedi à minuit ; ils sont acceptés dans les mêmes conditions que les télégrammes privés ordinaires.

Ils doivent être rédigés en langage clair dans une des langues du pays d'origine ou de destination.

Télégrammes-tickets. — Depuis le 16 novembre dernier, les télégrammes déposés en compte, c'est-à-dire ceux dont la taxe est portée au débit d'un compte spécial télégraphique ou du compte courant postal de l'expéditeur, peuvent, *dans les grands bureaux désignés à cet effet par les directeurs régionaux*, être rédigés sur des formules spéciales, dites « télégrammes-tickets ».



Ces formules, qui sont mises à la disposition des usagers dans les mêmes conditions que les formules ordinaires et qui peuvent également être établies par les expéditeurs, comportent deux parties : le télégramme proprement dit et le ticket, séparés par une ligne perforée.

Les expéditeurs reproduisent sur le ticket, dans les cadres spéciaux, les indications qu'ils doivent porter sur le télégramme (nom du bureau de destination, voie, etc...), moyennant quoi, le préposé, après simple numérotage de la formule, sépare les deux parties l'une de l'autre, garde le ticket pour la comptabilité ultérieure, et envoie immédiatement le télégramme sur le poste de transmission, les opérations de taxation ayant lieu seulement après la transmission du télégramme.

Cette façon de procéder, déjà avantageusement appliquée au bureau de Paris-bourse, permet de réduire au minimum le délai qui s'écoule entre le moment du dépôt des correspondances télégraphiques au guichet et celui de l'arrivée de ces correspondances sur les appareils de transmission.

Il est à noter que l'intervention des usagers pour la rédaction du ticket peut se réduire à l'apposition, sur ce ticket, d'une simple griffe, cachet ou marque distinctive permettant d'imputer la taxe au compte qu'elle concerne.

Liaison radiotélégraphique. — Depuis le 1^{er} décembre, la communication radiotélégraphique entre la France et la Nouvelle-Calédonie, qui ne fonctionnait jusqu'alors qu'au départ de France, est utilisée dans les deux sens pour l'acheminement des télégrammes et des radio-lettres.

Un réseau téléphonique exploité par un seul homme. — Un réseau téléphonique probablement unique au monde est celui qu'exploite, dans le nord-est du Nebraska, Elias-Luther Clark, plus connu de ses abonnés sous le nom de « Santa Claus Clark », c'est-à-dire « le père Noël Clark », à cause de sa longue barbe blanche, comme aussi de sa générosité proverbiale et de son bon caractère. La direction de son entreprise et le bureau central téléphonique se trouvent dans sa propre maison d'habitation. M. Clark vit dans une petite

propriété rurale de 16 hectares située dans une région de pâturages qui s'étend au nord et à l'ouest de la ville de Royal. Son réseau téléphonique consiste en 120 kilomètres de circuits aériens et comprend 45 abonnés payant chacun une taxe forfaitaire annuelle de 13 dollars (325^f), moyennant laquelle il leur est fourni un service permanent.

M. Clark fonda sa compagnie des téléphones il y a quinze ans, alors que, récemment arrivé dans le pays, il éprouvait le besoin de conserver des relations avec le monde extérieur. Quand il eut rallié à ses vues quelques-uns des autres fermiers dispersés au voisinage de sa propriété, il réalisa les 200 dollars (5000^f) qu'il avait économisés au cours de cinq années de travaux pénibles nécessités par la mise en valeur de ses terres, auxquelles il avait consacré la meilleure partie de sa vie, alors que tant d'autres colonisateurs n'avaient pu se résoudre à se fixer dans un tel pays. Après avoir encore emprunté 100 dollars (2500^f) à la banque locale, il acheta chez un quincaillier 3000 livres (1360 kilos) de fil léger.

Des barrières, des arbres et aussi quelques poteaux téléphoniques du modèle réglementaire servirent à l'installation des conducteurs. M. Clark ne requiert l'aide de personne et son bureau n'est jamais fermé. Il se vante lui-même de fournir chaque année 365 jours de service, de vingt-quatre heures par jour. Il est son propre agent des lignes, son réparateur et son opérateur en chef. Quand il est de service sur les lignes, sa femme ou l'une de ses deux filles dessert le standard. Il est à la fois le conseil d'administration et le président de sa compagnie.

Sa voiture du service d'entretien et de réparations n'a pas sa pareille dans aucune autre équipe appartenant à une autre compagnie. Elle est fabriquée avec les roues et le châssis d'une voiture Ford d'un ancien modèle, sur lesquels on a fixé la caisse d'un des premiers fourgons de chemin de fer, qui aient circulé. Un toit de tôle galvanisée, monté sur un cadre de bois, complète l'installation. La voiture est attelée d'une couple de chevaux blancs. Le plus souvent, la femme accompagne son mari dans ses déplacements et surveille les chevaux. Bien qu'il soit âgé de soixante-dix ans, M. Clark grimpe sur les poteaux avec toute l'agilité d'un jeune homme.

Quand un de ses abonnés est victime de la malchance, quand il

a eu une mauvaise récolte, quand il survient un accident ou un décès dans sa famille, le père Noël Clark, pour mettre sa conduite en accord avec son surnom, fait remise à son client du montant de l'abonnement d'une année. Sa longanimité est encore mise en évidence par le fait qu'il s'est fait une règle de ne pas interrompre le service d'un abonné tant qu'il n'est pas en retard de deux ans dans le paiement de son abonnement. Quand il a quelques loisirs, M. Clark les emploie à creuser des puits, à couper son foin et à cultiver son petit bien.

Douze lignes aboutissent à son bureau, et ses abonnés ont droit à la liaison gratuite avec les centraux de Walmit, Page, Alders et Dorsey, petites villes situées dans cette partie du Nebraska.

(*Telephony.*)

Le secret des communications téléphoniques aux Etats-Unis. — Jusqu'à quel point doit s'étendre le secret imposé aux agents du service téléphonique ? Cette question fut soulevée devant la cour suprême des Etats-Unis, à propos d'un cas se rapportant aux lois sur la prohibition de l'alcool et dans lequel quatre juges contre un décidèrent que le fait d'obtenir une preuve de culpabilité en pratiquant l'écoute sur des fils téléphoniques ne constitue pas une violation des articles additionnels quatre et cinq de la constitution. Les idées exprimées par les juges au sujet du service téléphonique ne manquent pas d'intérêt.

Le conseiller Taft, dont l'opinion était conforme à celle de la majorité de ses collègues, fut d'avis qu'on doit considérer comme rationnel « qu'une personne ayant fait installer dans sa maison un appareil téléphonique connecté à des fils connecteurs se propose de transmettre sa parole au dehors et que les fils situés au delà de sa maison, de même que les messages empruntant ces fils, ne se trouvent nullement protégés par l'article additionnel 4 ». Cet article reconnaît aux citoyens « le droit d'être protégés dans leur personne, leurs maisons, papiers d'affaires et autres effets contre des perquisitions et saisies déraisonnables ».

L'un des juges d'opinion opposée émit l'avis que « le téléphone est généralement employé pour transmettre des messages relatifs à des affaires officielles, sociales, commerciales et personnelles, y

compris des communications privées d'ordre intime, telles qu'on peut en échanger entre médecins et malades, hommes de lois et leur clientèle, parents et enfants, maris et épouses. Le contrat passé entre les compagnies des téléphones et les usagers comprend la cession aux particuliers d'un droit d'usage privé des facilités résultant de ce service. Les communications appartiennent aux parties entre lesquelles elles sont échangées. Pendant leur transmission, l'usage des fils appartient exclusivement aux personnes que ces fils desservent à ce moment précis. Etablir une dérivation sur un circuit pendant qu'il est utilisé par deux abonnés apporte déjà un certain trouble à l'audition. Si les employés des téléphones écoutent les conversations, cela constitue littéralement une perquisition dans le but de recueillir une preuve ».

Les journaux qui font de l'opposition aux lois sur le régime sec pressent actuellement le Congrès de voter une loi interdisant d'une façon expresse la pratique de l'écoute sur les circuits téléphoniques dans le but de rechercher des preuves concernant la transgression des règlements sur l'alcool. Il est probable qu'au cours de la prochaine session du parlement une discussion y sera soulevée en vue de déterminer jusqu'où doit s'étendre le secret dû aux communications téléphoniques.

Il est évident qu'en attendant la décision du congrès les compagnies des téléphones ne peuvent faire moins que de se conformer aux lois existantes.

(Telephony.)

BIBLIOGRAPHIE.

Câbles téléphoniques pour longues distances, par A. ENGELHARDT, docteur ingénieur, traduit de l'allemand sous la direction de l'auteur par M^{lles} M. Voiturin et N. Beresowski-Chestov. Paris, Librairie polytechnique Ch. Béranger, s. d.. 1 vol. in-8° raisin de 219 pages, avec 94 figures. — Prix : 42 francs.

L'édition originale, en langue allemande, de cet ouvrage est bien connue de tous les techniciens des communications à grande distance ; nous sommes heureux d'en présenter aujourd'hui aux lecteurs des *Annales* une traduction effectuée sous la direction de l'auteur lui-même.

Après un court chapitre consacré à la krarupisation des lignes, l'auteur aborde au chapitre II la théorie des lignes pupinisées, considérées comme filtres, dont il établit les principales formules en négligeant d'abord les pertes ; leur introduction le conduit en particulier aux formules de Pleijel.

Dans le troisième chapitre, sont étudiées les bobines Pupin et exposées les raisons qui ont amené l'adoption des noyaux en poudre de fer doux comprimé.

L'utilisation des circuits fantômes dans un câble interurbain fait l'objet du quatrième chapitre : après quelques mots sur les différents modes de câblage, l'auteur décrit le procédé allemand, dans lequel le circuit fantôme est chargé par deux bobines, et le procédé américain n'utilisant à cet effet qu'une seule bobine ; dans les deux cas, l'auteur indique les formules modifiées pour tenir compte de la présence des bobines.

Le cinquième chapitre, le plus abondant, est consacré à la diaphonie ; c'est à juste titre, d'ailleurs, que l'étude de cette question est développée assez longuement, car c'est, pour une grande part, la réduction de la diaphonie qui impose à la fabrication les exigences

les plus sévères. Le lecteur trouvera dans ce chapitre un exposé détaillé, du plus haut intérêt, des considérations théoriques sur les causes de la diaphonie, des moyens utilisés pour y remédier, équilibrage par condensateurs additionnels et par croisements sélectifs, et des procédés de mesure de la diaphonie.

Les perturbations par courant fort font l'objet du sixième chapitre : exposé des moyens utilisés pour réduire ces perturbations et description des appareils dont on se sert en Allemagne pour mesurer la tension perturbatrice, le facteur de perturbation et le déséquilibre des circuits.

Le septième chapitre est consacré aux amplificateurs à lampes : la technique allemande utilise, au lieu du facteur d'amplification et de la résistance intérieure, l'inverse du facteur d'amplification D , la résistance intérieure R_i et la pente S de la caractéristique statique ; ces trois constantes sont alors liées par la relation : $R_i S D = 1$. Le lecteur y trouvera aussi quelques renseignements sur les lampes ballast de chauffage.

Dans les huitième et neuvième chapitres, l'auteur étudie le montage des amplificateurs : réseaux d'antidistorsion, circuits à deux et à quatre fils, réseaux d'équilibre de Hoyt et de Küpfmüller, distorsion par réaction, diaphonie dans les circuits à quatre fils.

Enfin, dans les deux derniers chapitres, sont traités brièvement les phénomènes transitoires et les compensateurs de phase, les phénomènes d'échos et les étouffeurs d'échos.

Cet ouvrage, qui constitue, un exposé des résultats obtenus, au cours de ces dernières années, dans la technique des câbles à grande distance, est susceptible d'intéresser un très grand nombre de lecteurs, car l'auteur a renoncé volontairement à donner la démonstration de beaucoup de formules ; de nombreuses références bibliographiques, principalement allemandes, réunies à la fin de chaque chapitre, permettent d'ailleurs de se reporter, au besoin, aux mémoires originaux. La lecture de ce petit manuel est facile, illustrée de nombreux exemples tirés de la technique allemande, et les schémas en sont très clairs. Nous lui souhaitons de trouver, près des lecteurs français, le succès qu'il mérite.

P. M.

Taschenbuch für Fernmeldetechniker, par H.-W. GOETSCH;
3^e édition augmentée. Munich et Berlin, R. Oldenbourg, 1928.
1 vol. in-16 de 516 pages, avec 880 figures.

Cet excellent manuel contient une quantité considérable de renseignements utiles dans toutes les branches de la technique des communications. On remarquera particulièrement le soin avec lequel est faite la description des appareils autres que l'appareil principal, dans chaque application déterminée ; comme le dit la préface, « le technicien doit connaître à fond toutes les parties d'une installation : la source de courant, les appareils signalisateurs des effets du courant, le câblage et les appareils auxiliaires, afin d'être en mesure de les monter, de les surveiller, de relever et de réparer les dérangements dans une partie quelconque de l'installation ». En dehors des principes généraux de l'électricité (1^{re} partie), de l'étude des appareils télégraphiques et téléphoniques traitée dans l'esprit qui vient d'être dit (3^e et 4^e parties), on trouvera dans la deuxième partie du manuel la description de quantité de dispositifs qu'il est exceptionnel de trouver ainsi réunis : appareils pour le service intérieur d'une usine (signalisation, surveillance des installations hydrauliques, verrouillages, etc...), signalisation sur les réseaux de chemins de fer, signalisation dans les mines, avertisseurs d'incendies, horlogerie électrique. Ce manuel, à la rédaction et aux figures extrêmement soignées, peut rendre, croyons-nous, de grands services aux techniciens connaissant la langue allemande.

P. L. C.

Die Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen, par
ALFRED SACKLOWSKI. Berlin, Weidmannsche Buchhandlung, 1928.
1 vol. in-8° de 128 pages, avec 46 figures. — Prix : broché, 4^M,50 ;
relié, 6 marcs.

Ce volume, consacré à la propagation des ondes électromagnétiques, est le deuxième de la collection *Einzeldarstellungen aus der elektrischen Nachrichtentechnik*. L'auteur examine d'abord les différentes méthodes de mesure qui ont été proposées, puis les résultats qu'elles ont donnés, enfin les théories de la propagation. Les grandes lignes de ces dernières, seulement, sont données ; l'auteur envisage

d'ailleurs que son ouvrage doit servir à une première étude du sujet. Une bibliographie très étendue (474 numéros) termine cet intéressant exposé.

P. L. C.

Agenda Béranger pour 1929 (Ancien agenda Oppermann complètement remanié et mis à jour), Paris, Ch. Béranger, 1929. 1 vol. in-16 de 333 pages de texte et figures, complété par l'agenda proprement dit. — Prix : 16 francs (franco par la poste : 18 francs).

L'agenda Béranger, qui peut se mettre aisément dans une poche, comporte deux parties :

1° une partie agenda destinée à l'inscription de notes journalières, comprenant deux jours à la page, ce qui donne toute la place nécessaire ;

2° une partie renseignements où sont réunis un grand nombre de documents utiles : Généralités, Mathématiques, Banque, Travaux publics, Bâtiments, Electricité, T.S.F., Mécanique, Automobile, Aéronautique.

DOCUMENTATION.

Les analyses suivantes se rapportent à des articles parus dans les périodiques français et étrangers reçus par le Service d'études et de recherches techniques de l'Administration des Postes et Télégraphes : elles sont rédigées par des fonctionnaires de ce service et signées de leurs initiales. Elles sont imprimées avec une pagination spéciale et sur un seul côté des feuillets de façon que l'on puisse, soit les relier à part, soit les découper pour en constituer un répertoire par fiches. Dans ce dernier cas, le classement en sera facilité par les nombres inscrits en tête des analyses, qui correspondent à la table suivante, dressée d'après le système décimal.

CLASSIFICATION GÉNÉRALE.

(1^{er} chiffre de la numérotation.)

- | | |
|-----------------------------|-------------------------|
| 1. ADMINISTRATION GÉNÉRALE. | 6. ELECTRICITÉ. |
| 2. POSTE. | 7. SCIENCES. |
| 3. TÉLÉGRAPHIE. | 8. TECHNIQUES DIVERSES. |
| 4. TÉLÉPHONIE. | 9. DIVERS. |
| 5. RADIOCOMMUNICATIONS. | |

1. ADMINISTRATION GÉNÉRALE.

10. Généralités.
11. Histoire.
12. Lois et règlements.
13. Contentieux.
14. Organisation du travail.
15. Budget.
16. Comptabilité.
17. Publicité.
18. Outillage des bureaux administratifs.
19. Divers.

2. POSTE.

20. Généralités.
21. Poste en France.
22. Poste aux colonies.
23. Poste à l'étranger.
24. Locaux postaux.
25. Matériel postal.
26. Moyens de transport.
27. Articles d'argent.

PILES "AD"

POUR TOUTES APPLICATIONS



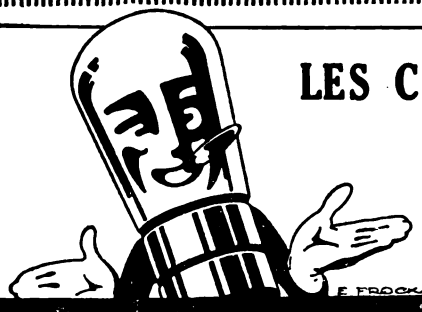
BATTERIES "AD"
de chauffage et tension plaque

CHARBONS pour MICROPHONES

BALAIS EN CHARBON
et métallographitiques

POUR TOUTES MACHINES ELECTRIQUES

LE CARBONE Société Anonyme au Capital de 2.800.000 frs.
37 A 41 RUE DE PARIS — GENNEVILLIERS — (SEINE.)



LES CONSEILS DU D^r MÉTAL

Employez sur les étages
moyenne-fréquence et
haute-fréquence de vos
appareils la lampe

MICRO-MÉTAL DZ 22.22

lampe à faible consommation à filament à oxyde

Notre service technique est à votre disposition pour
vous fournir sur l'utilisation de cette lampe tous les
renseignements dont vous pourriez avoir besoin.

METAL-RADIO

41, Rue La Boétie, PARIS



- 28. Timbres-poste.
- 29. Divers.

3. TÉLÉGRAPHIE.

- 30. Généralités.
- 31. Exploitation.
- 32. Transmission.
- 33. Lignes.
- 34. Appareils télégraphiques.
- 35. Equipement des bureaux télégraphiques.
- 36. Systèmes de transmission simultanée.
- 37. Transmission des images et télévision.
- 38. Câbles sous-marins.
- 39. Divers.

4. TÉLÉPHONIE.

- 40. Généralités.
- 41. Exploitation.
- 42. Transmission.
- 43. Lignes.
- 44. Appareils d'abonnés.
- 45. Equipement des centraux manuels.
- 46. Téléphonie automatique.
- 47. Troubles industriels.
- 48. Mesures.
- 49. Divers.

5. RADIOCOMMUNICATIONS.

- 50. Généralités.
- 51. Exploitation.
- 52. Ondes amorties.
- 53. Lampes.
- 54. Emission.
- 55. Transmission.
- 56. Réception.
- 57. Ondes courtes.
- 58. Mesures.
- 59. Divers.

6. ELECTRICITÉ.

- 60. Généralités.
- 61. Théories physiques.
- 62. Théories mathématiques.
- 63. Machines tournantes.
- 64. Production et distribution.
- 65. Eclairage.
- 66. Traction.
- 67. Matériaux.
- 68. Mesures.
- 69. Divers.

Apprenez à

PARLER L'ANGLAIS, L'ESPAGNOL

PAR LA CORRESPONDANCE

rapidement, aisément, à peu de frais par la **Méthode**

“ BERLITZ CHEZ SOI ”

(B. C. S.)

APPLICATION RATIONNELLE DE LA MÉTHODE BERLITZ
A L'ENSEIGNEMENT DES LANGUES PAR LA CORRESPONDANCE

Depuis 50 ans, les **Ecoles Berlitz**, répandues dans le monde entier, se sont spécialisées dans l'*Enseignement des langues vivantes* et y ont acquis une expérience incomparable. La direction des Ecoles Berlitz a voulu faire bénéficier de cette expérience tous ceux qui désirent apprendre pratiquement les Langues et ne peuvent fréquenter une école Berlitz. Elle a créé la méthode **Berlitz chez soi** dont le succès a été tout de suite très grand parce qu'elle donne des résultats pratiques étonnamment rapides.

Les cours de Langues par T. S. F. donnés au Studio de l'Ecole Supérieure des P. T. T. sont faits par les professeurs de l'Ecole Berlitz.

Pour tous renseignements, s'adresser au Directeur de l'Ecole Berlitz à Paris, 31, boulevard des Italiens.

Les **Ecoles Berlitz** de Marseille, Barcelone, Bruxelles font également des cours par T. S. F.

Demandez la notice B. C. S. et T. S. F. franco

à L'ÉCOLE BERLITZ

31, Boulevard des Italiens, PARIS

LEÇONS A L'ÉCOLE, A DOMICILE,
PAR CORRESPONDANCE, PAR T.S.F.

Bureau de Traductions. Spécialité : Traductions techniques en toutes langues

R. C. Seine 64.322

7. SCIENCES.

- 70. Généralités.
- 71. Mathématiques.
- 72. Physique générale.
- 73. Chimie générale.
- 74. Résistance des matériaux.
- 75. Acoustique.
- 76.
- 77. Médecine générale et hygiène.
- 78.
- 79. Divers.

8. TECHNIQUES DIVERSES.

- 80. Généralités.
- 81. Constructions civiles.
- 82. Hydraulique.
- 83. Béton armé.
- 84. Machines à vapeur et turbines.
- 85. Moteurs à explosion.
- 86. Métallurgie.
- 87. Physique industrielle.
- 88. Chimie industrielle.
- 89. Divers.

9. DIVERS.

- 90.
- 91.
- 92.
- 93.
- 94.
- 95.
- 96.
- 97.
- 98.
- 99.

38. La télégraphie à grande vitesse par câbles sous-marins (Buckley, *Bell System Techn. Journ.*, avril 1928). — L'auteur indique les résultats obtenus avec les câbles chargés au permalloy et décrit quelques-uns des points principaux du développement de cette technique. (Résumé par J. S. dans la *R. G. E.* du 22 sept. 1928.)

41. Le téléphone transmetteur de commandes dans le service des auto-places d'une grande ville (A. Lignell, *The L.M. Ericsson*

review, n^{os} 4-6, 1928). — L'auteur décrit l'organisation du service des auto-places à Stockholm. L'association des propriétaires de taxi-autos dispose d'un central téléphonique spécial, relié d'une part aux différents centraux du réseau téléphonique de la ville, d'autre part à des postes téléphoniques installés sur la voie publique à chaque station d'arrêt des voitures. L'abonné qui désire obtenir un taxi-auto demande par téléphone le central des auto-places et donne à l'opératrice de ce central son nom et son

CAOUTCHOUC
:: :: CABLES :: ::

CAPITAL : 54. 000.000 DE FRANCS

25, rue du Quatre-Septembre — PARIS (2^e)

Postes d'écoute, de Coupure, de Filtrage — Postes de Change

RELAIS ET AMPLIFICATEURS A LAMPES

POSTES SPÉCIAUX pour chemins de fer, Mines, Lignes
voisines d'un transport d'énergie à haute tension, etc.
POSTES A SÉLECTEURS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Câbles téléphoniques, Fils, Cordons, etc.

PRINCIPAUX MULTIPLES CONSTRUITS PAR LA SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DES TÉLÉPHONES

Marcadet (Paris), Amiens, Lille, Toulouse, Boulogne-sur-Seine, Montreuil-sous-Bois, Saint-Germain-en-Laye, Perpignan, Alger, Oran, Madrid, Barcelone, Bilbao, Manreza, Victoria, La Paz, etc. Autormultiples de Sainte-Adresse, Vichy, Rennes (en montage)

adresse ; l'opératrice a sous les yeux un plan de la ville sur lequel sont figurées les stations de taxis ; une lampe indique à chaque instant s'il se trouve ou non un taxi disponible en attente auprès de chaque station ; l'opératrice appelle la station la plus voisine du domicile de l'abonné et transmet sa demande au chauffeur du premier taxi en attente. Chaque chauffeur arrivant à une station inoccupée annonce sa présence au central des taxi-autos en introduisant une fiche dans un jack de l'appareil de station. Le service du central des taxi-autos, qui comporte un multiple à vingt-quatre positions, est assuré par le personnel de l'administration des téléphones. R. B.

41. **Le téléphone à Copenhague en 1927** (*Vie technique et industrielle*, juillet 1928). — Traduction d'un très intéressant et très complet article de documentation. Nombreuses photographies. R. H.

43. **Sur la diaphonie entre circuits combinants et circuits combinés, et autres phénomènes corrélatifs** (Torbern Laurent, *E.N.T.*, mai 1928). — Dans cette étude très complète, l'auteur étudie de quelle manière interviennent les causes de la diaphonie entre circuits combinants et circuits combinés, à savoir, la dyssymétrie des constantes propres de ces circuits, la dyssymétrie des capacités et perditances mutuelles. Il montre comment intervient, dans l'effet observable, la position des irrégularités. Il indique des méthodes et des appareils permettant de mesurer les caractéristiques de diaphonie aux diverses fréquences, et montre comment l'étude de ces caractéristiques permet de localiser les défauts. L.-J. C.

43. **Le câble téléphonique Munich—Innsbruck** (F. Stegmann et R. Heider, *Europäischer Fernsprehdienst*, juillet 1928). — Exposé des principales caractéristiques de ce nouveau câble, muni d'une station de répéteurs à Kochel. P. M.

43 et 67. **La lutte contre la corrosion par les traitements électrochimiques** (M. Cournot, *Bulletin de la Société française des électriciens*, juillet 1928). — Après avoir rappelé brièvement la théorie électrochimique de la corrosion, l'auteur passe en revue les modes de protection utilisant le courant électrique :

- a) Protections électrochimiques, consistant à trouver un métal ou un alliage qui forme, avec la pièce à immuniser, un couple électrochimique dont cette pièce soit l'anode ;
- b) Décapages électrolytiques : décapages

chimiques acides de désoxydation et décapages chimiques basiques de dégraissage ;
c) Dépôts électrolytiques : cuivrage, nickelage, laitonage, étamage, zingage, cobaltage, cadmiage et chromage. P. M.

48, 58 et 72. **Stabilisation des oscillations de relaxation** (F. Bedeau et J. de Mare, *C. R. Acad. Sciences*, 23 juillet 1928). — Un diapason entretient une oscillation de relaxation dont la période est 1 : 1000 de seconde. Un autre circuit de relaxation à lampe à néon a une période légèrement supérieure à 1 : 100 de seconde et est couplé au premier. Sous l'impulsion du premier circuit, la lampe au néon donne un éclat bref au bout de 1 : 100 de seconde exactement. Des cascades successives permettent d'obtenir, avec trois lampes, trois séries d'éclairs se produisant à des intervalles de 1 : 100, 1:10 et 1 seconde. P.-L. C.

53. **Montage de triodes en relais à variation brusque en courant continu** (Phenomenon of direct current self excitation in vacuum tube circuits and its applications) (Nicolas Minorsky, *Journal Franklin Inst.*, février 1927). — Montage d'un amplificateur à courant continu possédant la propriété que, pour une valeur bien définie de la tension de grille, le courant de plaque subit une brusque variation (d'ailleurs réversible).

Comme ordre de grandeur, la grille étant alimentée en courant alternatif à 60 périodes, le saut brusque se produit en 1/2000 de seconde.

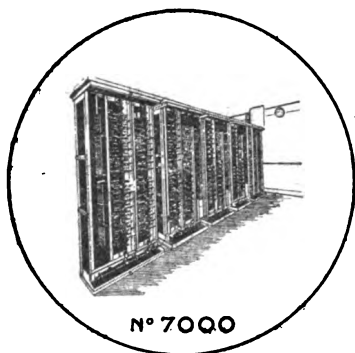
Autour de la valeur critique du potentiel de grille ainsi défini, l'amplification apparente peut atteindre 10^8 d'après l'auteur.

J.-H. G.

54. **Stabilisation des longueurs d'onde des transmetteurs au moyen de résonateurs piézo-électriques** (Piezo-electric crystal controlled transmitters) (A. Crossley, *Proc. Inst. Radio-Engineers*, janvier 1927). — Article sur les résultats obtenus par le Naval research laboratory. L'article indique le mode de taille par rapport aux faces naturelles du cristal et indique l'ordre de grandeur des longueurs d'onde obtenues en fonction des dimensions (110^m de longueur d'onde par millimètre de longueur de cristal, ce qui correspond à une vitesse du son dans le quartz d'environ 5.500 mètres à la seconde, un peu différente suivant les trois axes principaux).

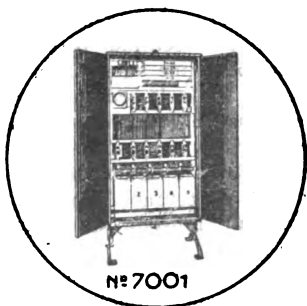
Suivent la description et l'étude critique des différents montages d'oscillateurs à quartz, l'étude de l'amplification des oscil-

INSTALLEZ LE téléphone automatique



N° 7000

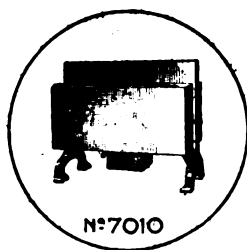
Nous construisons
4 Modèles de
commutateurs
automatiques :



N° 7001

N° 7010 - jusqu'à 20 lignes
N° 7001 - jusqu'à 70 lignes
N° 7000 - de 100 à 400 lignes.
N° 7BMSS - de 300 à 900 lignes.

Nous envoyons gratuitement sur
demande tous renseignements



N° 7010



"Le Matériel Téléphonique"

Société Anonyme au Capital de 150.000.000 de francs

46 AVENUE DE BRETEUIL PARIS. (VII^e)

lations produites, et la description, avec schémas détaillés, des postes d'émission de la marine américaine. J.-H. G.

57. **A propos des ondes courtes** (Edm. Marcotte. *Industrie électr.*, 10 juin 1928). — Intéressant article sur des radiophares installés en 1912 à Ouessant et à Sein. Postes Blondel S.F.R. à étincelles musicales, d'un kilowatt. éclateur tube-plateau; antenne unifilaire, $\lambda = 120$ mètres. Description détaillée des appareils et compte rendu de diverses observations. P.-L. C.

58, 48 et 72. **Stabilisation des oscillations de relaxation** (F. Bedeau et J. de Mare, *C.R. de l'Acad. des sciences*, 23 juillet 1928). — Voy. sous le numéro 48.

65 et 68. **Etude de l'émission photo-électrique** (deux articles dans la *Physical review*, juillet 1928). — Le premier article, par MM. T.-C. Fry et H.-E. Ives, est une étude théorique. Les auteurs calculent le rapport du courant photo-électrique à la tension imposée, dans une cellule formée par deux électrodes sphériques et concentriques, pour différentes valeurs de l'angle d'émission. Ils tracent les courbes $I = f(V)$ dans deux hypothèses :

1° intensité de l'émission égale pour tous les angles d'incidence ;

2° en admettant la loi de Lambert, intensité de l'émission proportionnelle à $\sin 2\varphi$.

Le deuxième article, par MM. H.-E. Ives, A.-R. Olpin et A.-L. Johnsrud, décrit l'étude expérimentale de la question traitée théoriquement dans l'article précédent et indique que la seconde hypothèse (formule de Lambert) est sensiblement conforme à la réalité. J.-H. G.

67 et 43. **La lutte contre la corrosion par les traitements électrochimiques** (M. Cournot, *Bulletin de la Société française des électriciens*, juillet 1928). — Voy. sous le numéro 43.

68 et 65. **Etude de l'émission photo-électrique** (deux articles dans le *Physical review*, juillet 1928). — Voy. sous le numéro 65.

72. **L'hydro-oscilloscope** (G. Malgorn, *l'Electricien*, 1^{er} juillet 1928). — Intéressant modèle hydraulique, à écoulement alternatif, d'un circuit électrique (L, R, C) soumis à une f.é.m. alternative. Les constantes électriques du circuit peuvent être variées et des cadrans indiquent les diverses relations de phase. P.-L. C.

72, 48 et 58. **Stabilisation des oscillations de relaxation** (F. Bedeau et J. de Mare, *C.R. de l'Acad. des sciences*, 23 juillet 1928). — Voy. sous le numéro 48.

72. **La physique du globe et ses applications** (Ch. Maurain, *Revue scientifique*, 28 juillet 1928). — Les méthodes, les problèmes et les principaux résultats de la géophysique sont présentés dans l'ordre suivant, la météorologie étant laissée de côté : Anomalies de la pesanteur, Isostasie ; Rigidité du globe ; Etude de l'intérieur du globe par la Séismologie ; Etat thermique du globe, rôle de la radioactivité ; Le magnétisme terrestre, sa répartition ; Variations des éléments magnétiques, orages magnétiques ; Composition et propriétés de la haute atmosphère ; Application des méthodes géophysiques à la prospection. P.-L. C.

83. **Influence de la quantité d'eau de gâchage sur la qualité des bétons, examinée au point de vue des chantiers** (E. Freyssinet, *Génie civil*, 21 juillet 1928). — Les rapports entre l'eau de gâchage et les résistances obtenues ne peuvent exister que dans des circonstances de fabrication très strictement définies. La loi d'Abrams, d'après laquelle la résistance varie comme l'inverse de l'eau de gâchage, est l'expression d'une coïncidence : elle résulte du fait accidentel que, dans les expériences dont on l'a déduite, le volume d'eau de gâchage était sensiblement égal au volume des vides du béton. La marge d'amélioration à obtenir par le perfectionnement des procédés de tassement est très importante et au moins du même ordre que celle qui peut être escomptée du perfectionnement des agrégats ou du ciment lui-même. Les tables de prévision des résistances en fonction des dosages ne peuvent être qu'une cause d'erreurs. Il faut rejeter entièrement les renseignements de ce genre et développer l'utilisation des essais. R. H.

86. **L'essai de traction des métaux** (*Génie civil*, 14 juillet 1928). — Analyse détaillée d'un travail de M. Ch. Frémont. La conclusion de l'auteur est que l'essai de traction habituel ne renseigne pas du tout sur la résistance des pièces en service ; les essais qu'il est indispensable d'imposer sont ceux de corrosion et de fragilité. R. H.

87. **Recherches et expériences sur les conduits de fumée** (*Recherches et inventions*, juillet 1928). — Rapport établi par la commission chargée des recherches sur les conduits de fumée après une première série d'expériences, publié à l'occasion du congrès international de la maçonnerie et du béton, qui s'est tenu à Paris en mai 1927. P. M.

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

- LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE**, 3, rue Thénard, Paris (5^e).
CONSTRUCTION DES LIGNES AÉRIENNES (1) par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (3^e édit., 1 vol. autogr., de 362 p., et 188 fig.)..... 25 fr.
- CONSTRUCTION DES LIGNES SOUTERRAINES** (1), par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 346 p., 153 fig. et 17 pl.). 3) fr.
- COURS DE PROTECTION DES LIGNES télégraphiques et téléphoniques contre les lignes d'énergie** (1), par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr., de 493 p., 65 fig. et 2 pl.)..... 35 fr
- COURS D'INSTALLATIONS TÉLÉPHONIQUES**, par MILON, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. typogr., de 460 p., 294 fig., 15 pl.)..... 45 fr.
- COURS D'EXPLOITATION TÉLÉGRAPHIQUE** (1), par L. RAYNAL, ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr. de 175 p.)..... 18 fr.
- PRINCIPES GÉNÉRAUX D'EXPLOITATION TÉLÉPHONIQUE** (1), par MILON, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 272 p. et 20 fig.)... 1^{er} fr.
- TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONE SANS FIL** (1), par VEAUX, ingénieur en chef des P.T.T., (1 vol. typogr. de 320 p. et 362 fig.) (En réimpression)
- COURS SUR L'ORGANISATION ET LE CONTRÔLE DE L'EXPLOITATION DES BUREAUX TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES** (1), par LEVEAU, chef de bureau téléphonique hors classe breveté, (1 vol. autogr., de 190 p.).... 18 fr.
- COURS D'EXPLOITATION POSTALE** par FERRIERE chef de bureau des P.T.T. (2 vol. typogr. de 241 et 306 p.)..... 40 fr.
- COURS DE COMPTABILITÉ et de droit budgétaire** (1), par FERET DU LONGBOIS directeur au ministère des Finances (1 vol. typogr., 3^e éd., 156 p.)..... 15 fr.
- CONFÉRENCES DE COMPTABILITÉ industrielle et commerciale**, par G. VALENSI ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr. de 276 p.)..... 18 fr.
- COURS DE MACHINES** (1), par M. SAUVAGE, inspecteur général des Mines (1 vol. autogr., 207 p., 70 fig.).. 15 fr.
- COMPLÉMENTS DE MATHÉMATIQUES** (1), par B. COLLIN, agrégé de l'Université, professeur au lycée Saint-Louis et à l'Ecole supérieure des P. T. T. (1 vol. autogr. de 84 p.)..... 7 fr.
- COURS ÉLÉMENTAIRE DE TÉLÉPHONIE** (2), par Louis GRELAUD, contrôleur principal des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 180 p. et 127 fig.)..... 22 fr.
- COURS D'ÉLECTRICITÉ** (2) (Application à la téléphonie et à la télégraphie à l'usage des agents mécaniciens et du Personnel des P. T. T.), par Ch. SUCHET, ingénieur des P.T.T., (2 vol. de 299 p. et 243 p.)..... Tome I, 30 fr.; Tome II, 22 fr.
- COURS DE MULTIPLES TÉLÉPHONIQUES** (2) (à l'usage des agents mécaniciens, et du Personnel des P. T. T.), par Paul JOLY, ingénieur en chef des P.T.T. 1 vol. autogr., 357 p., 147 fig. et un atlas de 70 pl.)..... 60 fr.
- COURS DE TÉLÉPHONIE AUTOMATIQUE** (2) (à l'usage des agents mécaniciens et du Personnel des P. T. T.), par Ch. PETIT, ingénieur en chef des P.T.T. (2 vol.). Livre I (415 pages, 162 fig. et 39 p. hors-texte) 55 fr.
 Livre II (en impression)
- MANUEL DE L'OUVRIER** des lignes aériennes télégraphiques et téléphoniques, par L. DROUET, ingénieur en chef des P. T. T. (3^e éd., 1 vol. typogr. 13×18, de 254 p. et 158 fig.)..... 18 fr.

(1) Cours professé à l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes.

(2) Cours professionnels.

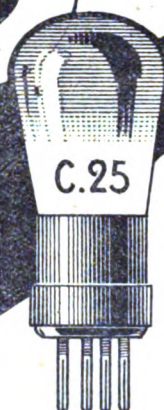
LAMPES DE T.S.F. FOTOS



AMPLIFICATION
HAUTE-MOYENNE-BASSE
FRÉQUENCE
DÉTECTRICE



AMPLIFICATION
BASSE FRÉQUENCE



AMPLIFICATION
BASSE
MOYENNE
FRÉQUENCE

NOUVELLE SÉRIE
DE LAMPES DE RÉCEPTION A TRÈS FORTE
ÉMISSION ÉLECTRONIQUE
FABRICATION
GRAMMONT

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

(Suite)

-
- COURS DE T. S. F.** (à l'usage des commis des P. T. T. destinés au service de la T. S. F.), par VEAUX, ingénieur en chef des P. T. T. (1 vol. typogr. de 366 p., 351 fig. et 6 pl.). 35 fr.
- INSTRUCTION SUR LA CONSTRUCTION et l'entretien des lignes aériennes** (1927) (1 vol. relié, de 344 p., 100 fig. dont 1 pl. hors texte), 3^e éd. 18 fr.
- INSTRUCTION PROVISOIRE SUR LA CONSTRUCTION et l'entretien des lignes souterraines** (1924) (1 vol. relié, de 260 p., 122 fig.). 22 fr.
- INSTRUCTION SUR LA COMBINAISON DES CIRCUITS et leur appropriation à la télégraphie et à la téléphonie simultanées** (1921) (1 plaquette reliée de 26 p., 20 fig. et 2 pl. hors texte), 2^e éd. 4 fr. 50.
- INSTRUCTION SUR LA PROTECTION des installations télégraphiques et téléphoniques de l'Etat contre les courants industriels** (1918) (1 vol. relié, de 140 p.). 8 fr.
- INSTRUCTION SUR LES ESSAIS et mesures électriques et le relèvement des dérangements de lignes et de postes** (1927) (1 vol. relié, de 188 p. et 42 fig.) 3^e éd. 12 fr.
- INSTRUCTION SUR L'INSTALLATION et l'entretien des postes téléphoniques d'abonnés** (1921) (1 vol. relié, de 64 p. et 22 fig. dont 7 pl.), 2^e éd. 7 fr.
- INSTRUCTION SUR L'INSTALLATION des bureaux télégraphiques principaux** (1919) (1 vol. relié, de 86 p., 64 fig. dont 33 pl.). 10 fr.
- INSTRUCTION SUR L'INSTALLATION de l'éclairage électrique à l'intérieur des locaux** (19.0) (1 vol. relié, de 74 p., 32 fig. dont 3 pl. hors texte). (*En réimpression.*)
- INSTRUCTION SUR L'ENTRETIEN et le réglage des appareils télégraphiques** (1920) (1 vol. relié, de 154 p. et 39 fig.). *En réimpression.*
- LA TECHNIQUE TÉLÉGRAPHIQUE EN FRANCE depuis l'origine**, par R. MONTORIO, inspecteur des P.T.T. (1 vol. typogr., de 240 pages, 113 fig. et 21 portraits hors texte). 4 fr.
- LA POSTE MILITAIRE EN FRANCE (Campagne 1914-1919)**, par A. MARTY, inspecteur général des P. T. T., chargé de la Poste militaire aux armées au Grand Quartier Général (1 vol. 16 × 25 de 139 p.). 9 fr.
- CONDITIONS D'INSTALLATION des bureaux de poste, de Télégraphe et téléphone** (une plaquette 13 × 18 de 47 p.). 2 fr. 50.

GAUTHIER-VILLARS, 55, Quai des Grands-Augustins, Paris (6^e) :

- DE LA PROPAGATION DU COURANT TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE** (**THE PROPAGATION OF THE ELECTRIC CURRENTS**, par J.-A. FLEMING) : traduit de l'anglais par RAVUT, ingénieur des P.T.T. (1913). — 1 vol. 32 fr.
- COURS D'ÉLECTRICITÉ THÉORIQUE** (1), par POMEY, inspecteur général des P.T.T. (1914). — 2 vol. Tome I. 36 fr.
Tome II sous presse.
- INTRODUCTION A LA THÉORIE DES COURANTS TÉLÉPHONQUES ET DE LA RADIOTÉLÉGRAPHIE**, par POMEY, inspecteur général des P.T.T. (1920) 60 fr.
- ANALOGIES MÉCANIQUES DE L'ÉLECTRICITÉ**, par POMEY, inspecteur général des P.T.T. (1921). 20 fr.
- RADIOTÉLÉGRAPHE, RADIOTÉLÉPHONIE, RADIO-CONCERTS**, par E. REYNAUD-BONIN, ingénieur en chef des P.T.T. — 1 vol. 15 fr.

(1) Cours professé à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes.

LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES (L.T.T.)

Société Anonyme au Capital de 25.000.000 de francs

R. C. Versailles — 14.148

Siège Social et Usines : CONFLANS-SAINTÉ-HONORINE (Seine-et-Oise)
Services Techniques : 26, rue de la Pépinière, PARIS

ÉTUDE, INSTALLATION ET ENTRETIEN

DE

Lignes télégraphiques et téléphoniques aériennes

ÉTUDE, FABRICATION, INSTALLATION, ENTRETIEN

DE

**CABLES TÉLÉGRAPHIQUES & TÉLÉPHONIQUES
A GRANDE DISTANCE**

CABLES A PAIRES COMBINABLES

CABLES KRARUPISÉS

CABLES SOUS PLOMB ET CABLES ARMÉS

CABLES SOUS-MARINS

Bobines Pupin — Matériel de stations de relais

Pose de câbles aériens, souterrains et en conduites

Entretien de câbles installés

**INSTALLATIONS SPÉCIALES
DE CABLES
TÉLÉGRAPHIQUES
ET TÉLÉPHONIQUES
POUR CHEMINS DE FER**



**DISPOSITIFS
CONTRE L'ELECTROLYSE
ET LES
INTERFÉRENCES
DE LIGNES D'ÉNERGIE**

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

(Suite).

LA TRANSMISSION TÉLÉPHONIQUE THÉORIQUE ET APPLIQUÉE, par HILL, traduit par G. VALENSI, ingénieur des P.T.T. — 1 vol. 70 fr.

MESURES TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES (1), par G. VALENSI, professeur à l'Ecole supérieure des P.T.T. (1 vol. in-8°) 50 fr.

Etienne CHIRON, 40, rue de Seine, Paris (6°).

L'ACOUSTIQUE TÉLÉPHONIQUE, LA TÉLÉPHONIE, LA TÉLÉGRAPHIE, par E. RAYNAUD-BONIN, ingénieur en chef des P.T.T. — 1 vol. de 85 p. et 101 fig. ? 12 fr.

L'ONDE ÉLECTROMOTRICE THÉORIE ÉLÉMENTAIRE DES TRANSMISSIONS DE COURANTS ALTERNATIFS. APPLICATIONS AUX LIAISONS TÉLÉPHONIQUES, par L. AGUILLON, ingénieur des P.T.T. — 1 vol. 24 fr.

PRINCIPE DE CALCUL VECTORIEL ET TENSORIEL (ECOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ, SECTION DE RADIOTÉLÉGRAPHIE), par POMEY, Inspecteur général des P.T.T. 36 fr.

J.-B. BAILLÈRE ET FILS, 19, rue Hautefeuille, Paris (6°)

APPAREILS ET INSTALLATIONS TÉLÉGRAPHIQUES (1), par E. MONTORIOL, Inspecteur des P.T.T. — 1 vol. 40 fr.

LES SYSTÈMES DE TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE, par E. MONTORIOL, Inspecteur des P.T.T. — 1 vol. 40 fr.

APPAREILS ET INSTALLATIONS TÉLÉPHONIQUES (1), par E. REYNAUD-BONIN, ingénieur en chef des P.T.T. — 1 vol. 50 fr.

RADIOTECHNIQUE GÉNÉRALE, par G. GUTTON, professeur à la faculté des sciences de Nancy. 1 vol. grand in-8 de 572 p. avec 303 fig. Broché : 90 fr. (ajouter 10 % pour frais d'envoi).

BERANGER, 15, rue des Saints-Pères, Paris (6°).

TRAITÉ DE TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE, par H. THOMAS, inspecteur général honoraire des P.T.T. (1 fort volume grand in-8° de 1214, p. 939 figures, 2° éd., revue et augmentée. Relié (2610 gr) 120 fr. — hausse 40 %

LES CABLES TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES (TELEGRAPHEN UND FERNSPRECHKABEL-ANLAGEN, par STILLE); traduit de l'allemand par PICAULT, ingénieur, et E. MONTORIOL, Inspecteur des P.T.T. (1914). — 1 vol. in-8° 35 fr. — hausse 40 %

DUNOD, 92, rue Bonaparte, Paris (6°).

INSTALLATIONS TÉLÉPHONIQUES. GUIDE PRATIQUE A L'USAGE DU PERSONNEL DES P.T.T. ET DES MONTEURS-ELECTRICIENS, par J. SCHILLS, directeur honoraire des P.T.T., 5° éd., revue et mise à jour par C. CORNET, ingénieur en chef des P.T.T., (1925). — 1 vol. in-8° relié, 44 fr ; broché, 35 fr.

L'ALLÈGE, 15, rue Monge, Paris (5°)

LA POSTE AUX LETTRES (1), par PIGNOCHET, Chef de Bureau breveté au Service Central des P.T.T., 1 volume illustré prix d'édit. 10 fr.

Chez A. DUMAS, 6, rue de la Chaussée-d'Antin, Paris (9°) :

Les dix premières années des **ANNALES DES P.T.T.** — L'année complète, pr. : 20 fr.

Le prix des années dont certains numéros sont épuisés sera réduit proportionnellement au nombre des numéros manquants.

(1) Cours professé à l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes.

MANUFACTURE DE FILS & CABLES ÉLECTRIQUES

Spécialités de Cordons pour Récepteurs, Combinés, Standards, etc...

Cordons pour T.S.F.

Établissements A. MEUNIER, VERGNAUD & C^{ie}

Société à responsabilité limitée — Capital 200.000 francs

Fournisseur des P.T.T.

BUREAUX ET ATELIERS :

3, Rue Rigaud, 3
LE BOURGÈT (Seine)

REGISTRE DU COMMERCE :

SEINE n° 221.671

Téléphone : NORD 64-67.

Gare : FOURGET-DRANCY

Tramways 52 et 72



LES

CABLES DE LYONMANUFACTURE DE FILS ET CABLES ÉLECTRIQUES
DE LA COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ S. A. CAP 100 MILLIONS

SIÈGE SOCIAL : 54, RUE LA BOÉTIE, PARIS

DIRECTION ET BUREAUX A LYON :

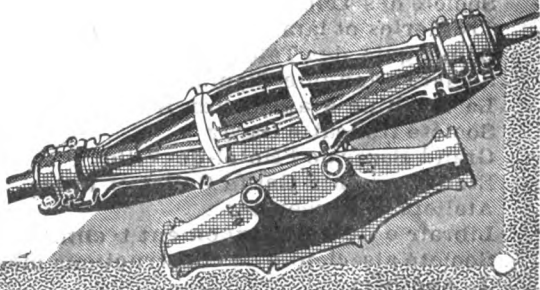
418-420, AVENUE JEAN-JAURES

USINES : 41, RUE DU PRÉ GAUDRY, 41

SUCCURSALE À PARIS :

16, RUE DE LA BAUME, 16 — TÉLÉPHONE : ÉLYSÉES 45-73

AINSI QUE DANS LES PRINCIPALES VILLES DE FRANCE

Tous fils et câbles
électriques isolés
Accessoires pour
réseaux souterrains**SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ
MORS**

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4 MILLIONS

11, Rue Petit, CLICHY (Seine) — Usines à Clichy et à Sene

Registre du commerce Seine n° 208.871 B

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

LUMIÈRE — FORCE — TÉLÉPHONIE — SONNERIES

MACHINES ELECTRIQUES SPECIALES**Michel BONNIER****16, Rue Saint-Gilbert, LYON - Tél. Vaudrey 24-09.****Construction sur commande de Machines pour toutes les applications de l'Electricité.****Machines pour T.S.F.**

Alternateurs et Transformateurs à fréquence musicale.
 — Génératrices courant continu jusqu'à 10.000 volts. —
 Groupes monoblocs à plusieurs circuits magnétiques.

Machines pour P.T.T.

Groupes de charges pour Centraux Téléphoniques. —
 Groupes convertisseurs divers. — Moteurs synchrones. —
 Commutateurs.

Machines pour Applications Diverses

Moteurs à vitesses lentes depuis 300 tours et Moteurs à très grandes vitesses jusqu'à 10.000 tours. —
 Transformateurs à tension réglable de zéro à maxima. —
 — Génératrices à grande intensité pour électrolyse. —
 Dynamos-freins. — Redresseurs de courant à mercure liquide système André LATOUR. — Régulateurs d'induction. — Groupes d'étalonnage pour compteurs.

Représentants à Paris : Etablissements J COMMISSAIRE, 9, Rue Sedaine. Tél. Roquette 53-48.**INDEX**

	Pages
DOCUMENTATION	D. 1, D. 2, D. 3, D. 4, D. 5
BIBLIOTHEQUE DES ANNALES DES P.T.T.	10, 12, 14
Le Carbone	2
Compagnie des Lampes	2
Ecole Berlitz	4
Société industrielle des Téléphones	6
Le Matériel Téléphonique	8
Grammont	11
Lignes télégraphiques et téléphoniques	13
Société des Téléphones Ericsson	15
Trefleries et laminoirs du Havre	16
Compagnie des Téléphones Thomson-Houston	17
Société anonyme Siemens-France	18
La machine à affranchir Havas	18
Société française Gardy	19
Grand Bazar de l'Hôtel-de-Ville	20
Etablissements Gaiffe-Gallot et Pilon	20
Ateliers J. Carpentier	21
Librairie de l'Enseignement technique	22
Société alsacienne de constructions mécaniques	23
J. Audibert	24
Société d'Etudes pour liaisons téléphoniques et télégraphiques à longue distance	25
Association des ouvriers en instruments de précision	25
L'éclairage des véhicules sur rail	26
Compagnie générale de télégraphie et de téléphone	26
Compagnie française des câbles télégraphiques	27
Ateliers L. Doignon	28
Société Générale	28
Société anonyme Lidgerwood	29
Etablissements Gaillard	30
Etablissements A. Meunier, Vergnaud et Cie	31
Les Câbles de Lyon	31
Société d'électricité Mors	31
Machines électriques spéciales Michel Bonnier	32
Ecole spéciale des Travaux publics	III
Société française des Appareils Creed	IV

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS
D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3 RUE THÉNARD PARIS, V^e

ANNALES DES POSTES. TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

Révue mensuelle publiée par les soins
d'une commission nommée par
LE MINISTRE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

La commission des *Annales* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs et qui peuvent ne pas refléter la doctrine de l'administration ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

RÉDACTION : 20, RUE LAS CASES, PARIS 7^e.

Téléphone : Ségur 46.43 et 45.59.

Pour tout ce qui concerne les abonnements et la publicité,
s'adresser à l'éditeur :

LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE,

3, rue Thénard, Paris 5^e.

TABLE DES MATIERES.

Les ondes électromotrices, théorie de la propagation des courants alternatifs le long des nappes de fil (<i>suite</i>), par L. AGDILLON, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.	89
Le service universel et le téléphone automatique rural, par R. LOUBATIE, ingénieur en chef, et V. DI PAGE, ingénieur des Postes et Télégraphes.	134
Appareil à échanger les sacs de dépêches en Grande-Bretagne	152
Les moyens mécaniques de transport utilisés au bureau de chèques postaux de Leipzig, par P. HEILBRON, de Berlin.	176
REVUE DES PÉRIODIQUES : L'exploitation téléphonique transatlantique. — Le V ^e salon de la télégraphie sans fil.	188
INFORMATIONS : Extension des relations téléphoniques entre la France et l'Amérique. — Nouveau câble de la Western Union entre New-York et les Açores. — Etranges coutumes relatives au service téléphonique japonais. — Ligne postale Chicago—San-Francisco. — Essais sur la ligne postale des Indes. — Note sur l'article « Origine des termes gyroscopiques dans les équations des appareils électromécaniques » par Ph. le Corbeiller	194
BIBLIOGRAPHIE	199
DOCUMENTATION	D. 6

LES ONDES ÉLECTROMOTRICES,
Théorie de la propagation des courants alternatifs
le long des nappes de fils,

par L. AGUILLON,
ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.
(suite.) ⁽¹⁾

DEUXIÈME PARTIE.

FAISCEAUX ET TRANSMISSIONS ÉQUILIBRÉS.

REMARQUES GÉNÉRALES.

Nous avons traité les transmissions de la forme la plus générale le long d'une nappe quelconque OA entre deux réseaux R_0 et R_A (fig. 2). L'intensité du courant, dans chacune des branches de R_0 ou de R_A , est une fonction linéaire des forces électromotrices de toutes les sources contenues dans les deux réseaux. On a vu comment on peut l'exprimer à partir des ondes électromotrices ; celles-ci sont elles-mêmes déterminées par les relations analytiques (13) ou mécaniques (22).

Dans ces réseaux, on n'a pas fait encore de distinction particulière entre les diverses branches ; toutes, si l'on veut, peuvent constituer des appareils, et il peut y avoir une source dans chaque branche.

Il faut se rapprocher des transmissions réelles. Dans les réseaux terminaux, il y a les branches des appareils et les branches de combinaison servant à les relier les uns aux autres ou aux conducteurs de lignes. Il faut distinguer aussi les appareils émetteurs, c'est-à-dire contenant des sources, et les appareils récepteurs. Pour abrégér,

1. Voy. *Annales des P.T.T.*, octobre 1928.

Ann. des P.T.T., 1929-II (18^e année).

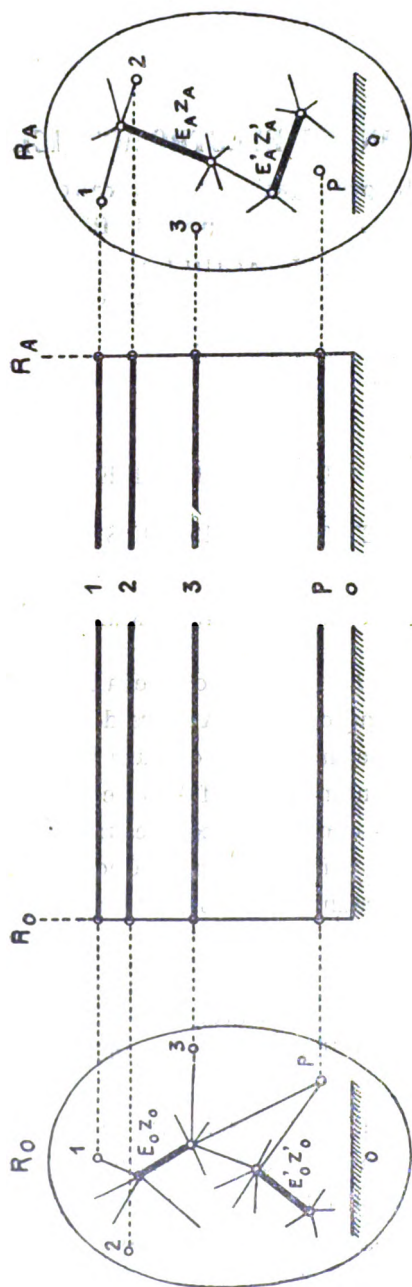


Fig. 2.

on désignera les branches d'appareils fonctionnant en émetteurs par leurs sources, $E^0, E'^0, \dots$, ou $E^A, E'^A, \dots$, suivant qu'elles sont en O ou en A, et les branches d'appareils fonctionnant en récepteurs par leurs impédances $Z^0, Z'^0, \dots, Z^A, Z'^A, \dots$.

On va donc traiter maintenant d'une catégorie particulière de transmissions, celles où émetteurs et récepteurs se correspondent deux à deux, en couples distincts, de façon que le courant dans chaque récepteur dépende uniquement de la source de l'émetteur opposé. On les appellera *transmissions équilibrées*, et on les désignera par leurs couples d'appareils $(E^0 Z^A), (E'^0 Z'^A), \dots, (E^A Z^0), (E'^A Z'^0), \dots$; les premières sont dirigées de O vers A, les secondes en sens inverse. Les courants dans les branches de combinaison pourront être quelconques, en fonction des diverses sources.

L'indépendance des courants de réception va exiger certains ajustements des branches terminales d'après la forme de la nappe et certaines relations entre les grandeurs d'impédance des diverses branches. Toutefois, en téléphonie, ces relations ne devront porter que sur les branches de combinaison, les impédances des appareils devant rester libres de toute condition d'égalité. De même, les relations entre les impédances des branches de combinaison devront subsister à toutes les fréquences.

Les conditions finales d'équilibre ne sauraient, pour une double raison, dépendre non plus de la distance l entre les deux extrémités. En effet, si l y figurait, ce serait par l'intermédiaire de fonctions plus ou moins compliquées des exponentielles $e^{a_1 l}, e^{a_2 l}, \dots$, et un équilibre des transmissions qui varierait de la sorte avec l serait sans intérêt. D'autre part, s'il dépendait de l , il dépendrait encore de la fréquence par les coefficients $a_1, a_2, \dots$.

Ces réserves posées, on peut aborder le problème d'équilibre dans le cas le plus général d'une nappe entièrement dyssymétrique. Il sera facile ensuite de faire apparaître des simplifications si la nappe présente des symétries ou si elle est réductible en faisceaux plus simples. Mais, pour limiter la part de théorie pure, suivant les applications qu'on a en vue ici, il faut faire encore deux remarques :

1° Dans le cas des télécommunications particulièrement visé dans cette étude, le rendement de la ligne à multiples conducteurs

se traduit par le nombre maximum de transmissions équilibrées pratiquement réalisables, le maximum absolu étant, comme on va le démontrer, égal au nombre p des conducteurs autres que le sol ou conducteur de base. Ce maximum pratique, on recherchera dans quelles conditions on peut l'élever, en s'inspirant des résultats de la théorie qui établira les conditions d'existence du maximum absolu. C'est ainsi qu'on peut déterminer des types de câbles d'un degré d'utilisation plus élevé que ceux des types ordinaires, ou appropriés à un but donné.

2° Il faut distinguer aussi les transmissions *unilatérales* et les transmissions *bilatérales*. Dans les premières, *transmissions d'énergie*, par exemple, en général les sources sont d'un même côté, les récepteurs de l'autre, les deux réseaux extrêmes ne se ressemblent pas. Dans les autres, tel est le cas des *communications*, à chaque transmission d'un sens doit pouvoir en succéder une de sens inverse sans que les conditions d'équilibre des autres couples de transmissions soient troublées. Les deux dispositifs terminaux sont alors nécessairement semblables.

CHAPITRE I^{er}.

TRANSMISSIONS ÉQUILIBRÉES.

1° Equilibre des transmissions simultanées sur une nappe totalement dissymétrique.

Considérons la transmission ($E^0 Z^A$), que nous voulons équilibrer par rapport aux autres sources $E^0, E^{(0)}, \dots, E^A, E'^A, E''A, \dots$

L'intensité de réception correspondante i^A , d'après les relations (10) à (13), s'exprime linéairement en fonction des valeurs des ondes en A.

En effet cette intensité intérieure à R^A s'exprime linéairement en fonction des intensités et tensions terminales sur les fils de lignes en A, ainsi que des sources E^A, E'^A , ou bien, d'après (11), en fonction seulement des $U^A, \dots, E^A, \dots$, et finalement :

$$i^A = \mathcal{N}_1 (V_1^A + V_1'^A) + \mathcal{N}_2 (V_2^A + V_2'^A) + \dots - E^A k^A - E'^A k'^A - \dots$$

E^0 et à l'onde d'indice 1 ne doit pas dépendre des autres sources, d'où résulte, d'après les valeurs des S et T' en fonction des m , la condition nécessaire :

$$m_{hk}^A \cdot m_{k1}^0 = 0, \quad (27)$$

quels que soient h et k , pourvu que h soit différent de 1.

Il y a deux manières simples d'y satisfaire :

$$1^\circ : \quad m_{k1}^0 = 0 \quad (\text{quel que soit } k); \quad (28)$$

$$2^\circ : \quad \left\{ \begin{array}{l} m_{h1}^A = 0 \\ m_{h1}^0 = 0 \end{array} \right\} \left(\begin{array}{l} \text{quel que soit } h \\ \text{différent de 1} \end{array} \right). \quad (29)$$

La première équivaut à rendre nuls p coefficients de réflexion du côté 0, c'est-à-dire à p conditions (transmissions non réversibles, transmissions d'énergie); la deuxième conduit à $(p - 1)$ coefficients nuls de chaque côté, c'est-à-dire à $2(p - 1)$ conditions (transmissions réversibles). Dans le premier cas, on fera donc nuls tous les coefficients de réflexion d'un même côté, et les conditions d'équilibre pour les p transmissions seront au nombre de p^2 . Occupons nous surtout du second cas, celui des transmissions réversibles ou télécommunications : à la transmission ($E^0 Z^A$), doit pouvoir succéder ($E^A Z^0$) employant également l'onde d'indice 1, les deux dispositifs terminaux doivent être nécessairement semblables, et, par suite, les conditions de réflexion deux à deux symétriques. Dès lors, d'après (29), on a, d'une façon générale :

$$m_{hk}^A = 0, \quad m_{hh}^0 = 0. \quad (30)$$

pour toutes les valeurs entières de h et k de 1 à p , à condition que h et k soient différents. Les seuls coefficients de réflexion non nuls sont ceux relatifs à un seul indice $m_{11}^0, m_{22}^0, \dots, m_{11}^A \dots$ Il faut donc réaliser de chaque côté $p(p - 1)$ conditions de réflexion, ou $2p(p - 1)$ pour les deux côtés. Ajoutons-y l'ensemble des conditions d'émission (26) étendues aux p transmissions. On voit que, pour une forme quelconque de nappe de p fils en présence du sol, l'équilibre de p communications exige, à chaque bout, $p(p - 1)$ conditions d'émission et $p(p - 1)$ conditions de réflexion.

Expression de l'intensité du courant de réception. — Finalement, à une constante près $n_1 = \mathcal{N}_1 (1 + m_{11}^A)$ dans laquelle $\mathcal{N}_1$ est fonction seulement des impédances du réseau A et des caractéristiques de la nappe, l'intensité du courant de réception s'exprime, comme dans le cas du circuit bifilaire, en fonction de la force électromotrice de la source, du coefficient d'émission, du facteur de propagation, par :

$$i_1^A = E_1^A e_1^0 \frac{P_1}{1 - R_{11}} n_1^A.$$

On peut l'exprimer aussi avec la même constante n^A par l'onde même :

$$i_1^A = V_1^A \cdot n_1^A.$$

Si, au lieu de raisonner sur l'expression en fonction des tensions terminales de la nappe en A, on était parti de l'expression en fonction des intensités terminales, on aurait abouti aux mêmes conditions d'émission et de réflexion. Mais on aurait trouvé aussi que l'expression de i_1^A doit se confondre, à un facteur d'impédances près : $n'_1 = \mathcal{N}'_1 (1 - m_{11}^A)$, avec l'onde inverse au lieu de l'onde directe, résultat d'ailleurs équivalent :

$$i_1^A = V_1^A \cdot n'_1^A.$$

Expression physique du résultat. — On peut donc formuler le résultat de la façon suivante, où apparaît une fois de plus le rôle physique fondamental de l'onde électromotrice.

Quelle que soit la dissymétrie de la nappe, il existe un agencement terminal donnant le nombre maximum de transmissions équilibrées, indépendamment de la longueur de la nappe ; c'est celui qui fait correspondre chaque branche appareil (émetteur ou récepteur) à une onde déterminée.

L'intensité de réception se confond avec l'onde correspondante, à une constante près qui ne dépend que des impédances à l'arrivée. Cette onde revêt la même forme simple que dans le cas d'un bifilaire seul dans l'espace :

$$V_1^A = E_1^0 e_1^0 \frac{P_1}{1 - m_1^0 m_1^A P_1^2} . \quad (31)$$

Les coefficients d'émission e et de réflexion m^0 , m^A sont tirés de (24) et (25), simplifiées d'après (26) et (30) :

$$\left. \begin{aligned} e_1^0 &= -\frac{H_1^0}{(M_1^1)^0} = -\frac{H_2^0}{(M_1^2)^0} = \dots, & e_1^A &= -\frac{H_1^A}{(N_1^1)^A} = \dots \\ e_2^0 &= -\frac{H_1^0}{(M_2^1)^0} = \dots, & e_2^A &= \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ m_{11}^0 &= -\frac{(N_1^1)^0}{(M_1^1)^0} = \dots, & m_{11}^A &= \dots \\ m_{22}^0 &= \dots & & \dots \\ \dots & \dots & & \dots \end{aligned} \right\} \quad (32)$$

Remarque. — Quand la nappe est totalement dissymétrique, l'équation $0 = \Delta(a^2)$, de degré p dont les coefficients sont quelconques, ne peut être résolue que d'une manière approchée.

La solution définie par (31) et (32), liée à la détermination des racines a^2 , reste alors purement théorique.

Dans quel cas doit-on s'attendre à des réductions de cette équation de manière à réaliser de façon simple des transmissions équilibrées ? L'examen direct sur Δ des simplifications possibles ne peut guère nous éclairer sur les formes de nappe utiles. Prenons, par exemple, le cas où les éléments correspondants de deux lignes ou colonnes de A , soit les lignes 1 et 2,

$$\begin{array}{ccc} a^2 + A_{11} & A_{12} & A_{13} \dots \\ A_{21} & a^2 + A_{22} & A_{23} \dots \end{array}$$

sont égaux deux à deux. Une racine, $a^2 = -(A_{11} - A_{22})$, apparaît alors ; mais les conditions entre les A ne sont qu'une partie de l'ensemble des conditions nécessaires et suffisantes pour l'équilibre du couple de fils (1,2) et n'ont à elles seules aucune signification physique marquée. Un autre exemple nous sera fourni par l'examen du cas des racines multiples. Aussi chercherons-nous les simplifications de Δ par une méthode plus appropriée, méthode inductive qui sera fournie au chapitre suivant, consistant à rassembler des nappes de forme simple et connue, mais de manière à leur conserver leurs caractères d'indépendance dans le groupement total.

Une simplification notable de Δ est également fournie par les symétries d'usage courant dans la construction : par exemple, dans

les lignes aériennes ou même en câbles, symétrie par rapport à un plan, ou deux plans perpendiculaires ; dans les lignes en câbles, symétrie en faisceaux ronds. Ces réductions de Δ en deux, quatre ou plusieurs gros fragments vont être examinées.

Auparavant il importe de régler un point important : l'existence de racines multiples dans $\Delta(a^2)$, entraîne peut-être la réduction du nombre d'ondes distinctes et par suite du nombre de transmissions équilibrées. Ce cas est-il à envisager dans les nappes usuelles ? Nous allons voir qu'il n'en est rien.

coefficients de propagation multiples.

1. Cas des ondes confondues. — Considérons l'équation des coefficients de propagation :

$$0 = \Delta(a^2) = \begin{vmatrix} a^2 + A_{11} & A_{12} & \dots \\ A_{21} & a^2 + A_{22} & \dots \\ \dots & \dots & \dots \end{vmatrix},$$

où :

$$A_{hk} = \sum n_{ki} g_{hi}.$$

Supposons que a^2_1 soit racine multiple d'ordre h , sans que les premiers mineurs soient tous nuls. Il correspond à cette racine a^2_1 un système unique de λ et μ , donc une seule onde ; h ondes de la nappe peuvent être regardées comme confondues en une seule. Il n'y a plus place alors que pour $p - h + 1$ transmissions équilibrées. Il peut ainsi arriver que, les p racines d'une nappe étant confondues, les p ondes se réduisent à une seule, comme dans certains phénomènes de polarisation de la lumière, au moins en théorie.

2. Cas des ondes séparées. — La racine a^2 étant multiple d'ordre h , si tous les premiers mineurs de Δ sont nuls sans que les mineurs d'ordre supérieur soient tous nuls, les p relations en λ se réduisent $p - 2$. On a deux λ arbitraires, λ_1 et λ_2 par exemple, au lieu d'un. Les ondes correspondantes sont de la forme

$$v = \lambda_1 v_1 + \lambda_2 v_2.$$

Et l'on voit apparaître deux ondes simples distinctes, v_1 et v_2 , pouvant être le siège, par conséquent, de deux transmissions équilibrées distinctes. *D'une façon générale, si tous les mineurs d'ordres successifs 1, 2, ..., (k — 1) sont nuls, il y a h paramètres λ arbitraires ou h ondes distinctes.* Tout autre combinaison linéaire, une fois choisies les h ondes distinctes pour autant de transmissions équilibrées, ne peut donner en effet de nouvelle transmission équilibrée.

Réciproquement, lorsque pour a^2 tous les mineurs d'ordre 1, 2, ..., h — 1 sont nuls, ou encore lorsque pour a^2 il y a h_1 ondes distinctes, la racine a^2 est nécessairement multiple d'ordre h. En effet, la nappe étant le siège de p ondes, chaque racine de Δ ne peut fournir un nombre d'ondes supérieur à son ordre de multiplicité.

On peut d'ailleurs le vérifier sans peine, car :

$$\Delta' (a^2) = \sum (\Delta_1),$$

$$\Delta'' (a^2) = \sum (\Delta_2),$$

Les dérivées successives sont égales aux sommes des mineurs en diagonale d'ordres successifs $\sum (\Delta_1)$, $\sum (\Delta_2)$, ..., en désignant par mineurs en diagonale ceux qui ont en commun avec Δ la diagonale des éléments en a^2 . Par conséquent, si tous les mineurs d'ordre 1, 2, ..., h sont nuls, les seconds membres sont *a fortiori* nuls, et a^2 est racine d'ordre h.

Le cas des ondes confondues serait donc en théorie plus fréquent que celui des ondes distinctes puisque le second exige d'abord les mêmes dépendances entre conducteurs que le premier et en plus un certain nombre d'autres. Mais en théorie seulement, car dans la réalité les relations simultanées entre les coefficients A ne peuvent provenir que de certaines symétries, et celles relatives au cas des ondes confondues n'étant pas de nature géométrique assez simple pour être seules satisfaites, comme on va le prouver par un exemple simple, ce cas ne se rencontrera pratiquement jamais. Ceci montre, comme on l'annonçait plus haut, qu'une discussion mathématique prolongée de l'équation Δ serait sans intérêt pour l'étude des nappes réelles.

Exemple. — Nappe à trois conducteurs 1, 2, 0.

La racine a^2 étant double, on aurait en général :

$$(n_{11}g_{11} + n_{22}g_{22} + 2n_{12}g_{12})^2 - 4(n_{12}^2 - n_{11}n_{22})(g_{12}^2 - g_{11}g_{22}) = 0, \quad (33)$$

condition qu'on traduirait difficilement en langage physique simple.

Voyons le cas des deux ondes distinctes. Il y a cette fois deux conditions :

$$\frac{n_{11}}{g_{20} + g_{21}} = \frac{n_{22}}{g_{10} + g_{12}} = \frac{\frac{n_{11} + n_{22}}{2} - n_{12}}{g_{10} + g_{12}}.$$

Si l'on adopte des notations entièrement symétriques pour les trois conducteurs :

$$\begin{aligned} N_{10} &= m_{11} + m_{00} - 2m_{01} = n_{11}, \\ N_{20} &= m_{22} + m_{00} - 2m_{02} = n_{22}, \\ N_{12} &= m_{11} + m_{22} - 2m_{12} = \frac{n_{11} + n_{22}}{2} - n_{12}, \end{aligned}$$

on a :

$$\frac{N_{01}}{g_{20} + g_{21}} = \frac{N_{12}}{g_{01} + g_{02}} = \frac{N_{20}}{g_{10} + g_{12}}. \quad (34)$$

On pourrait exprimer ainsi ce résultat :

Les deux ondes d'une nappe dyssymétrique à trois conducteurs et à coefficient de propagation unique sont distinctes quand les capacitances transversales des conducteurs par rapport aux couples opposés sont proportionnelles aux impédances longitudinales des circuits apparents de ces couples.

Nous disons « circuits apparents » pour bien préciser que ces couples non équilibrés ne constituent pas de circuits physiques.

Si la tierce est entièrement symétrique :

$$\left. \begin{aligned} m_{11} &= m_{22} = m_{00}, \\ m_{10} &= m_{20} = m_{12}, \end{aligned} \right\} g_{10} = g_{20} = g_{12},$$

les deux relations (34) sont satisfaites, et les deux ondes sont distinctes. On peut les constituer, par exemple, avec le couple (1)-(2) et avec l'approprié (1+2)-(0) :

$$\begin{aligned} (a_1 Z_1) \quad V_1 &= U_1 - U_2 + \frac{Z_1}{2} (I_1 - I_2), \\ (a_1 Z_0) \quad V_0 &= U_1 + U_2 + 2Z_0 (I_1 + I_2). \end{aligned}$$

D'autre part on trouve que les ondes V_1 du premier groupement et V_2 du deuxième sont respectivement de la forme :

$$\begin{aligned} D_1 &= 0, & V_1 &= \lambda_1(U_1 - U_1') + \lambda_2(U_2 - U_2') + \dots + \mu_1(I_1 - I_1') + \dots, \\ D_2 &= 0, & V_2 &= \lambda_1(U_1 + U_1') + \lambda_2(U_2 + U_2') + \dots + \mu_1(I_1 + I_1') + \dots \end{aligned}$$

Les ondes d'une nappe symétrique par rapport à un plan ou un axe P se séparent en deux groupes, dans chacun desquels les 2 p conducteurs sont remplacés par les p couples : un groupe série et un groupe parallèle.

Les couples n'interviennent dans le groupe série que par les différences entre les conducteurs (différences d'impédances, d'admittances, de tensions et intensités), et dans la forme parallèle par les sommes.

Il est visible que, si les deux réseaux terminaux sont également symétriques par rapport à P' et comportent deux systèmes de sources S_1 et S_2 , chacune formée de moitiés symétriques par rapport à P en série dans les S_1 et en parallèle dans les S_2 , les ondes V_1 ne dépendront que des S_1 , et les V_2 des S_2 . On a ainsi deux systèmes de transmissions T_1 et T_2 équilibrés l'un par rapport à l'autre.

Si les faisceaux F et F' ne sont pas réductibles en éléments simples, il est facile néanmoins de réaliser deux transmissions équilibrées T_1 et T_2 : il suffit d'employer une seule source S_1 et une seule source S_2 . Bien entendu, T_1 dépendra de toutes les ondes V_1 , et T_2 de tous les V_2 .

Remarque. — Si maintenant la nappe comporte, outre les deux faisceaux distincts F et F', des conducteurs r autres que le sol situés dans le plan de symétrie P ou centrés autour de l'axe de symétrie P, seul le déterminant D_2 se modifie suivant D'_2 , en s'augmentant d'autant de lignes et de colonnes que de conducteurs r :

$$D'_2 = \begin{vmatrix} D_2 & A_{1r} \\ & A_{2r} \\ & \vdots \\ A_{r1} & A_{r2} \dots a^2 + A_{rr} \end{vmatrix}$$

Les conclusions ne sont pas modifiées, si ce n'est que le deuxième groupe s'augmente d'un nombre d'ondes équivalent.

2. Double symétrie par rapport à deux plans perpendiculaires P et Q ou par rapport à un plan P et un axe Q dans

ce plan. — Soient les quatre faisceaux entièrement distincts F, F', F'', F''' , symétriques par rapport aux deux plans perpendiculaires P et Q (fig. 4) :

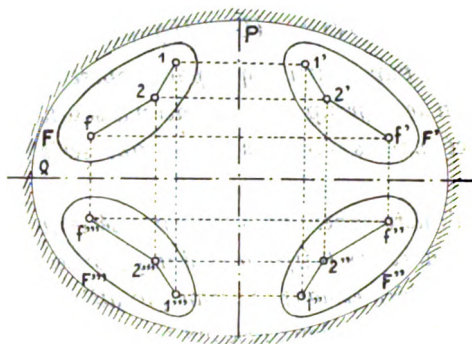


Fig. 4.

A cette double symétrie correspond une décomposition de Δ en quatre facteurs : $\Delta = D_1 D_2 D_3 D_4$, relatifs aux ondes de quatre modes de groupements des faisceaux :

$$\Delta = \begin{vmatrix} (a^2 + A_{11} \pm A_{1'1} \pm A_{1''1} \pm A_{1'''1}) & (A_{12} \pm A_{1'2} \pm A_{1''2} \pm A_{1'''2}) & \dots \\ (A_{21} \pm A_{2'1} \pm A_{2''1} \pm A_{2'''1}) & \dots & \dots \\ \vdots & \vdots & \ddots \end{vmatrix}$$

$$\begin{array}{lll} (F - F' - F'' + F''') & D_1 = 0 & V_1 = \lambda_1 (U_1 - U_1' - U_1'' + U_1''') + \dots \\ (F - F' + F'' - F''') & D_2 = 0 & V_2 = \lambda_1 (U_1 - U_1' + U_1'' - U_1''') + \dots \\ (F + F' - F'' - F''') & D_3 = 0 & V_3 = \lambda_1 (U_1 + U_1' - U_1'' - U_1''') + \dots \\ (F + F' + F'' + F''') & D_4 = 0 & V_4 = \lambda_1 (U_1 + U_1' + U_1'' + U_1''') + \dots \end{array}$$

Ainsi la nappe peut être remplacée par quatre sortes de groupements des quadri-filaires rectangles tels que 1, 1', 1'', 1''', auxquelles correspondent quatre groupes d'ondes. Il y a trois groupes série-parallèle et un groupe parallèle.

Si les réseaux terminaux ont la même double symétrie que la nappe et si l'on fait correspondre quatre systèmes de sources S_1, S_2, S_3, S_4 , composées de quatre fractions symétriques disposées de façon analogue en série parallèle et en parallèle, on a quatre systèmes de transmission T_1, T_2, T_3, T_4 , équilibrés chacun par rapport aux trois autres.

Si le faisceau F est irréductible, on peut néanmoins réaliser facilement quatre transmissions équilibrés : il suffit d'employer une

seule source de chaque système ; mais chaque transmission dépend alors de toutes les ondes ou coefficients de propagation du groupe.

Même remarque complémentaire que tout à l'heure. Si des

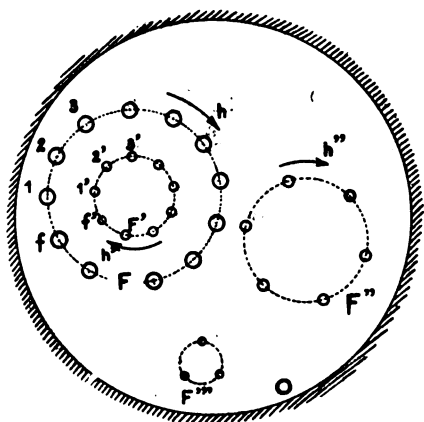


Fig. 5.

conducteurs figurent, de façon symétrique, soit dans P ou dans Q, soit dans les deux, soit centrés autour de l'axe commun, ils figurent également, soit à la fois dans le système V_4 et dans deux des systèmes d'ondes V_1, V_2, V_3 , soit seulement dans V_4 .

$0 = a_1^2 + (n_{11} - n_{14} - n_{12} + n_{13})(g_{11} - g_{14} - g_{12} + g_{13})$ $Z_1 = \frac{n_{11} - n_{14} - n_{12} - n_{13}}{a_1}$	$(V_1 = U_1 - U_4 - U_2 + U_3) + Z_1(I_1 - I_4 - I_2 + I_3)$
$0 = a_2^2 + (n_{11} - n_{14} + n_{12} - n_{13})(g_{11} - g_{14} + g_{12} - g_{13})$ $\frac{Z_2}{2} = \frac{n_{11} - n_{14} + n_{12} - n_{13}}{a_2}$	$V_2 = (U_1 - U_4 + U_2 - U_3) + \frac{Z_2}{2}(I_1 - I_4 + I_2 - I_3)$
$0 = a_3^2 + (n_{11} + n_{14} - n_{12} - n_{13})(g_{11} + g_{14} - g_{12} - g_{13})$ $\frac{Z_3}{2} = \frac{n_{11} + n_{14} - n_{12} - n_{13}}{a_3}$	$V_3 = (U_1 + U_4 - U_2 - U_3) + \frac{Z_3}{2}(I_1 + I_4 - I_2 - I_3)$
$0 = a_4^2 + (n_{11} + n_{14} + n_{12} + n_{13})(g_{11} + g_{14} + g_{12} + g_{13})$ $4Z_4 = \frac{n_{11} + n_{14} + n_{12} + n_{13}}{a_4}$	$V_4 = (U_1 + U_4 + U_2 + U_3) + 4Z_4(I_1 + I_4 + I_2 + I_3)$

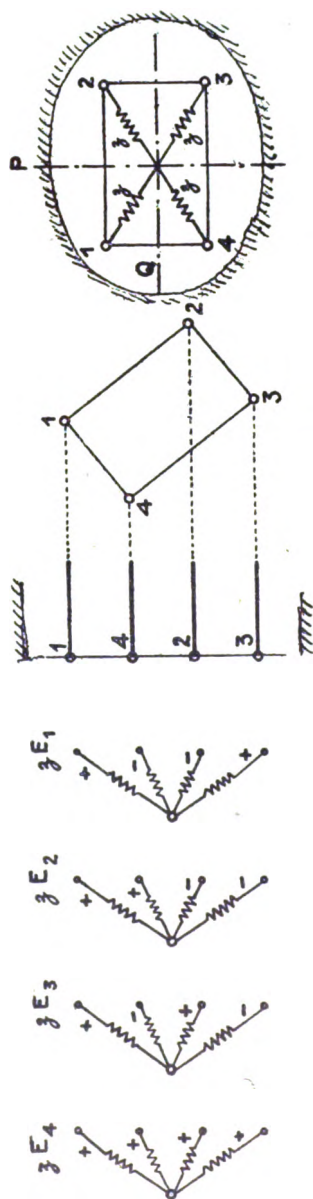


Fig. 6.

Exemple. — Un quadrifilaire rectangle symétrique par rapport au sol 1234 (fig. 6).

Si l'on voulait réaliser quatre transmissions équilibrées, il suffirait de relier, à chaque extrémité, les quatre fils de lignes à quatre points neutres par quatre systèmes de branches de même impédance Z et de disposer les sources en quatre fractions symétriques comme il a été dit, par exemple au moyen de transformateurs à un primaire et quatre secondaires.

Si le rectangle devient un carré, a_1 et a_3 se confondent, Z_1 et Z_3 également. On peut, à la place de V_3 et V_4 , choisir leur somme et leur différence :

$$0 = a^2 + (n_{11} - n_{13})(g_{11} - g_{13}), \quad V_s = U_1 - U_3 + \frac{Z}{2}(I_1 - I_3),$$

$$Z = \sqrt{\frac{2(n_{11} - n_{13})}{-(g_{11} - g_{13})}}, \quad V_d = U_2 - U_4 + \frac{Z}{2}(I_2 - I_4),$$

ce qui permet d'utiliser alors les deux couples 13 et 24 à la manière habituelle avec des appareils en série sur chacun d'eux ; ces deux couples répondent bien, en effet, à la définition qui sera donnée des couples équilibrés.

D'autre part, l'onde V_1 ou V_6 , dont les coefficients a et z sont

$$\left. \begin{aligned} a &= a_0^2 + (n_{11} + n_{13} - 2n_{12})(g_{11} + g_{13} - g_{12}) \\ z &= \sqrt{\frac{n_{11} + n_{13} - 2n_{12}}{-(g_{11} + g_{13} - 2g_{12})}} \end{aligned} \right| \quad V_6 = U_1 + U_3 - U_2 - U_4 + Z_0(I_1 + I_3 + I_2 - I_4)$$

est l'onde du combiné des deux couples, et son mode d'utilisation est bien connu.

La quatrième onde est l'onde du circuit approprié du combiné avec retour par le sol ; ses coefficients sont de même définis par :

$$\left. \begin{aligned} a &= a_0^2 + (n_{11} + 2n_{12} + n_{13})(g_{11} + 2g_{12} + g_{13}) \\ z &= \frac{1}{4} \sqrt{\frac{n_{11} + 2n_{12} + n_{13}}{-(g_{11} + g_{12} + g_{13})}} \end{aligned} \right| \quad V_0 = U_1 + U_3 + U_2 + U_4 + 4Z_0(I_1 + I_2 + I_3 + I_4)$$

lignes constituées en faisceaux circulaires, torsadés en hélices de pas égaux.

C'est le cas des câbles téléphoniques et télégraphiques. Les conducteurs dans chaque faisceau sont supposés égaux et régulière-

rement espacés. Le faisceau est torsadé en hélice, et le pas de l'hélice varie d'un faisceau à l'autre, de façon que tous les conducteurs de l'une aient mêmes propriétés électriques mutuelles vis-à-vis de l'un quelconque des conducteurs de l'autre. Les axes des faisceaux peuvent être distincts ou confondus (fig. 5).

Soient $F(1, 2, \dots, f), F'(1', 2', \dots, f'), F''(1'', 2'', \dots, f'')$, etc... ces faisceaux, les nombres $f, f', f'', \dots$ étant quelconques. Les pas des hélices sont $h, h', h'', \dots$. Le Δ prend la forme :

$$\Delta = \begin{vmatrix} a^2 + A_{11} & \dots & A_{1f} \\ \vdots & & \vdots \\ A_{f1} & \dots & a^2 + A_{ff} \\ \hline A_{1'1} & \dots & A_{1'f} \\ \vdots & & \vdots \\ A_{f'1} & \dots & A_{f'f} \\ \hline A_{1''1} & \dots & A_{1''f} \\ \vdots & & \vdots \\ A_{f''1} & \dots & A_{f''f} \\ \hline \vdots & & \vdots \end{vmatrix} \begin{vmatrix} A_{11'} & \dots & A_{1f'} \\ \vdots & & \vdots \\ A_{f'1'} & \dots & A_{ff'} \\ \hline a^2 + A_{1'1'} & \dots & \\ \vdots & & D' \\ \hline A_{1''1'} & \dots & A_{1''f'} \\ \vdots & & \vdots \\ A_{f''1'} & \dots & A_{f''f'} \\ \hline \vdots & & \vdots \end{vmatrix} \begin{vmatrix} A_{11''} & \dots & A_{1f''} \\ \vdots & & \vdots \\ A_{f'1''} & \dots & A_{ff''} \\ \hline A_{1'1''} & \dots & A_{1'f''} \\ \vdots & & \vdots \\ A_{f''1''} & \dots & A_{f''f''} \\ \hline \vdots & & \vdots \end{vmatrix} \dots = DD'D' \dots \times \Delta_6.$$

Si l'on pose :

$$s = \frac{1}{f} (a^2 + A_{11} + \dots + A_{1f}) = \frac{1}{f} (a^2 + A_{21} + \dots + A_{2f}) = \dots,$$

$$s' = \frac{1}{f'} (a^2 + A_{1'1'} + \dots) = \frac{1}{f'} (a^2 + A_{2'1'} + \dots) = \dots,$$

.....

on a :

$$D = \begin{vmatrix} (a^2 + A_{11} - s) & (A_{12} - s) & \dots & (A_{1f} - s) \\ (A_{21} - s) & (a^2 + A_{22} - s) & \dots & \dots \\ \vdots & \vdots & \dots & \dots \\ (A_{f1} - s) & \vdots & \dots & \dots \end{vmatrix} \quad D' = \begin{vmatrix} (a^2 + A_{11'} - s') & \dots \\ \vdots & \vdots \end{vmatrix} \quad D'' = \dots$$

$$\Delta_6 = \begin{vmatrix} s & A_{11'} & A_{11''} & \dots \\ A_{1'1} & s' & A_{1'1''} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots \end{vmatrix}.$$

Il est facile de voir que, dans D de F , les coefficients A_{i1} — s , etc... ne contiennent que les coefficients caractéristiques des conducteurs du faisceau comme s'il était isolé dans l'espace en nappe indépendante, et que les ondes de D ne contiennent que les tensions et intensités de F . Les conclusions sont analogues pour F' , F'' ,...

Nous verrons plus loin que les faisceaux F , F' , F'' ,... répondent aux conditions de la définition des faisceaux parfaitement équilibrés.

Suivant que le faisceau comprend un nombre pair ou impair de conducteurs ; le D correspondant, qui est symétrique par rapport à ses deux diagonales, se décompose à son tour en facteurs simples, ou en facteurs simples plus un facteur irréductible du troisième degré.

CHAPITRE II.

FAISCEAUX ÉQUILIBRÉS.

Définitions.

Ondes propres et ondes de groupement. — Cherchons à quelles conditions un faisceau de f conducteurs se comporte dans une nappe comme s'il constituait à son tour une nappe isolée. S'il en est ainsi parmi les p ondes de la nappe totale, $f - 1$ doivent se localiser sur le faisceau, c'est-à-dire n'être composées que des tensions ou intensités propres, ou plus exactement intérieures au faisceau, les unes ou les autres au nombre de $f - 1$. Un tel faisceau sera dit *équilibré* (fig. 7). Il permettra de réaliser $f - 1$ transmissions équilibrées intérieures, autant que d'ondes propres. Si la nappe totale se compose de n faisceaux équilibrés F , F' , ..., F_n de forme simple, comprenant f , f' , ..., f_n conducteurs, le total des ondes propres directement utilisables est $(f - 1) + (f' - 1) + \dots + (f_n - 1)$. Il reste $(n - 1)$ ondes inutilisées.

En général, ces dernières, englobant l'ensemble des faisceaux, seront inutilisables comme les diverses ondes d'une nappe ordinaire irréductible. Ce seront les *ondes de groupement* de l'ensemble des faisceaux équilibrés.

On conçoit encore que, si un groupement d'un certain nombre

de faisceaux équilibrés répond à son tour aux conditions générales d'équilibre des faisceaux élémentaires, les ondes propres de ce groupement autres que celles intérieures aux faisceaux composants seront relativement faciles à déterminer.

Les ondes inutilisables seront finalement celles du groupement supérieur englobant toute la nappe. On cherchera, pour un meilleur

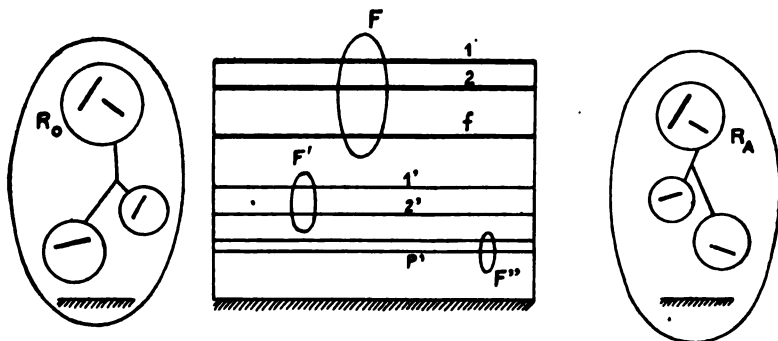


Fig. 7.

rendement de la ligne, à réduire leur nombre en réduisant celui des derniers groupements utiles. Ainsi, avec des câbles à paires, ce rendement est $1/2$; avec ceux à quarts, il est $3/4$; avec ceux à tierces et tritierces, il devient $8/9$...

Groupement avec le sol. — Le sol figure nécessairement parmi les conducteurs de toute nappe réelle (le sol dans le cas des lignes aériennes, ou l'enveloppe conductrice dans le cas des câbles) et joue un rôle à part dans les groupements de faisceaux. Il peut être considéré comme un faisceau particulier sans onde propre, puisque composé d'un seul conducteur.

Les ondes de groupement du sol, avec d'autres faisceaux, fréquemment employées en télégraphie ou dans les transmissions de signaux et parfois encore dans les transmissions d'énergie, ne peuvent fournir que des transmissions imparfaitement équilibrées les unes par rapport aux autres. Pour les calculer, dans le cas des lignes aériennes, la connaissance au moins approchée des coefficients du sol (voir entre autres les résultats des recherches de M. Collet) est nécessaire.

2^e Conditions générales d'équilibre d'un faisceau.

Par définition, au faisceau F formé de $(1, 2, \dots, f)$ en présence des autres conducteurs $1', 2', \dots, p'$, doivent correspondre $f - 1$ ondes de la nappe, qu'on appellera *ondes propres* :

$$V_F = [\lambda_1 U_1 + \dots + \lambda_f U_f] + [\mu_1 I_1 + \dots + \mu_f I_f],$$

c'est-à-dire pour lesquelles

$$\lambda_1' = \lambda_2' = \dots = \lambda_p = 0, \quad \mu_1' = \dots = \mu_{p'} = 0. \quad (35)$$

Mais cela ne suffit pas pour que le faisceau jouisse des mêmes propriétés qu'une nappe ordinaire. Il y figure, en effet, autant de tensions ou d'intensités que de conducteurs. Si l'on choisit l'un des conducteurs du faisceau, soit f , comme conducteur de base, les ondes propres peuvent s'écrire :

$$V_F = [\lambda_1 U'_1 + \dots + \lambda_{f-1} U'_{f-1}] + [\mu_1 I'_1 + \dots + \mu_{f-1} I'_{f-1}],$$

avec

$$\begin{aligned} U'_1 &= U_1 - U_f, & I'_1 &= I_1 - I_f, \\ U'_{f-1} &= U_{f-1} - U_f, & I'_{f-1} &= I_{f-1} - I_f. \end{aligned}$$

à condition qu'on ait :

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_f = 0, \quad \mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_f = 0. \quad (36)$$

Ce sont ces tensions U' et intensités I' que nous appellerons *tensions et intensités intérieures*. Pour compléter la notion d'équilibre du faisceau et la signification de ces tensions et intensités il faut qu'il n'entre, dans les ondes propres V_F , aucune composante d'intensité ou de tension de source extérieure. Pour cela, il suffit que les composantes apportées dans $U_1, U_2, \dots, U_f$ d'une part, et $I_1, I_2, \dots, I_f$ d'autre part par l'ensemble des ondes de groupement V_G soient toutes égales entre elles, car elles disparaîtront alors des différences U' et I' .

Il suffit donc que ces $U_1, \dots, U_f, I_1, \dots, I_f$ n'entrent dans les ondes V_G que sous le forme entièrement symétrique :

$$V_G = [\lambda'_1 (U_1 + \dots + U_f) + \mu'_1 (I_1 + \dots + I_f)] + \sum (\lambda'_{h'} U_{h'} + \mu'_{h'} I_{h'}),$$

autrement dit que les $\mathcal{A}'$ et μ' des ondes V_G remplissent les conditions:

$$\mathcal{A}'_1 = \mathcal{A}'_2 = \dots = \mathcal{A}'_f, \quad \mu'_1 = \mu'_2 = \dots = \mu'_f. \quad (37)$$

L'expression V_G peut englober les faisceaux équilibrés extérieurs à P, soient F' , F'' ,... Dans ce cas, en effet :

$$\mathcal{A}'_1 = \mathcal{A}'_2 = \dots = 0, \quad \mu'_1 = \mu'_2 = \dots = 0.$$

Équilibre réciproque des groupements et des faisceaux composants. — Il est évident que, si les deux systèmes de relations (35), (36) d'une part, et (37) sont simultanément satisfaits, l'un par les ondes a de F, l'autre par les ondes a' , extérieures à F ou de groupement avec F le faisceau considéré est parfaitement équilibré.

La théorie des nappes, émission, réflexion, équilibre des transmissions s'applique bien, en effet, à ce faisceau, si l'on raisonne sur les tensions et intensités intérieures U' , I' . Il suffit donc de lui raccorder deux réseaux fermés individuellement choisis R_0 et R_A , pour utiliser au maximum les $f - 1$ ondes propres. Et l'ensemble (R^0 , F, R^A) se trouve soustrait à l'influence des sources extérieures raccordées aux autres conducteurs de la nappe.

Qu'arrive-t-il si les conditions (35) et (36) relatives aux ondes propres sont seules satisfaites ?

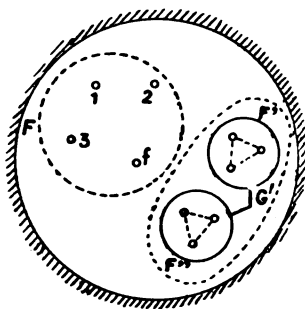


Fig. 8.

Les ondes de groupement V_G englobant le faisceau F ne peuvent alors donner lieu à des transmissions T_G équilibrées par rapport aux transmissions intérieures T_F . Ainsi, soit F formé de 1 2 3 équilibré en présence du sol et de 4 seul autre conducteur extérieur sans que les deux ondes a' de groupement soient équilibrées par rapport à F. Le réseau fermé terminal relatif à

F étant constitué, si l'on cherche à y superposer un réseau de groupement pour utiliser les deux ondes a' , les quatre transmissions T_F et T_G dépendront à la fois des sources intérieures et extérieures à F et se mélangeront.

Le premier système de condition étant seul satisfait, les ondes de groupement avec F sont donc inutilisables.

On a représenté sur la figure 8 un faisceau F équilibré seulement par rapport à ses ondes intérieures et des faisceaux F' et F'' totalement équilibrés, mais dont le groupement G' n'est comme le faisceau F que partiellement équilibré.

Remarque. — L'équilibre d'une transmission par onde de groupement est toujours plus instable que par onde propre de faisceau composant, puisque la première renferme les tensions et intensités de tous les faisceaux composants, tandis que les ondes du faisceau ne sont fonctions que d'une partie de ces tensions et intensités.

Détermination des ondes propres d'un faisceau équilibré.

— Explicitons davantage les conditions générales. Les coefficients de propagation des ondes propres, d'après les relations en Δ simplifiées en vertu de (35), sont des racines communes au Δ de la nappe et au Δ_F analogue tiré des f premières lignes et colonnes de Δ . A chaque racine commune a , correspond un système $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_f, \mu_1, \mu_2, \dots, \mu_f$. En tenant compte, en outre, de toutes les relations en λ et μ , on a finalement :

$$\left. \begin{aligned} 0 = \Delta_F = & \begin{vmatrix} a^2 + A_{11} \dots A_{1f} \\ \vdots \\ A_{f1} \dots a^2 + A_{ff} \end{vmatrix} & 0 = \Delta = & \begin{vmatrix} a^2 + A_{11} \dots A_{1f} & A_{11}' \dots A_{1f}' \\ \vdots & \vdots \\ A_{f1} \dots a^2 + A_{ff} & \vdots \\ A_{11}' & \dots & \vdots & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{vmatrix} \\ \left. \begin{aligned} \lambda_1 (a^2 + A_{11}) + \dots + \lambda_f A_{1f} &= 0 \\ \lambda_1 A_{f1} + \dots + \lambda_f (a^2 + A_{ff}) &= 0 \\ \lambda_1 A_{11}' + \dots + \lambda_f A_{1f}' &= 0 \\ \vdots \\ \lambda_1 A_{f1}' + \dots + \lambda_f A_{ff}' &= 0 \\ \lambda_1 + \dots + \lambda_f &= 0 \end{aligned} \right\} & \left. \begin{aligned} \mu_1 = \lambda_1 n_{11} + \dots + \lambda_f n_{1f} \\ \mu_f = \lambda_1 n_{f1} + \dots + \lambda_f n_{ff} \\ \mu = \lambda_1 n_{11}' + \dots + \lambda_f n_{1f}' \\ \vdots \\ \mu = \lambda_1 n_{f1}' + \dots + \lambda_f n_{ff}' \\ \mu = \mu_1 + \dots + \mu_f \end{aligned} \right\} \end{aligned} \right\} \quad (38)$$

Détermination des ondes de groupement. — En tenant compte de (37), les ondes V_G sont déterminées par :

$$\left. \begin{aligned} & \mathcal{L}'_1 (a^2 + A_{11} + \dots + A_{1l}) + \mathcal{L}'_{1'} A_{11'} + \dots + \mathcal{L}'_{p'} A_{1p'} = 0, \\ & \vdots \\ & \mathcal{L}'_1 (A_{11} + \dots + a^2 + A_{ll}) + \mathcal{L}'_{1'} A_{11'} + \dots + \mathcal{L}'_{p'} A_{1p'} = 0, \\ & \vdots \\ & \mathcal{L}'_1 (A_{1'1} + \dots + A_{1'l}) + \mathcal{L}'_{1'} (a'^2 + 1'_{1'}) + \dots = 0, \\ & \vdots \\ & \mathcal{L}'_1 (A_{p'1} + \dots + A_{p'l}) + \mathcal{L}'_{1'} A_{p'1} + \dots = 0, \\ & \hline & \mathcal{L}'_1 (n_{11} + \dots + n_{1l}) + \mathcal{L}'_{1'} n_{11'} + \dots + \mathcal{L}'_{p'} n_{1p'} = \\ & = \mathcal{L}'_1 (n_{21} + \dots + n_{2l}) + \mathcal{L}'_{1'} n_{21'} + \dots + \mathcal{L}'_{p'} n_{2p'} = \\ & \vdots \\ & = \mathcal{L}'_1 (n_{l1} + \dots + n_{lf}) + \mathcal{L}'_{1'} n_{l1'} + \dots + \mathcal{L}'_{p'} n_{lp'}. \end{aligned} \right\} \quad (40)$$

3° Faisceaux équilibrés des lignes réelles.

Cas des faisceaux totalement équilibrés. — Nous ne nous occuperons que de faisceaux totalement équilibrés, c'est-à-dire non seulement quant à leurs ondes propres, mais aussi quant aux ondes de groupement.

Au lieu des coefficients composés A , il faut raisonner maintenant sur les coefficients n et g .

Les conditions (39) entre les $\mathcal{L}$ et les n se doublent de conditions analogues entre les μ et g ; il suffit, en effet, pour le vérifier, de se reporter à la théorie du début, relations (7), (8), (9), en raisonnant sur les paramètres μ au lieu des $\mathcal{L}$. Or les impédances longitudinales propres et mutuelles des conducteurs et de même leurs admittances transversales dans un milieu déterminé sont des fonctions complexes de leurs distances ; il n'y a pratiquement qu'une manière de satisfaire à l'ensemble des relations (38), (39) et (40), dès que le nombre de conducteurs extérieurs au faisceau est élevé : c'est de donner à ceux du faisceau une constitution propre identique et, le milieu étant supposé doué de propriétés magnétiques et diélectriques uniformes, de réaliser, par des positions relatives convenables, les égalités :

$$\left. \begin{aligned} n_{1'1} &= n_{1'2} = \dots = n_{1'f}, & g_{1'1} &= g_{1'2} = \dots = g_{1'f}, \\ \vdots & & & \\ n_{p'1} &= n_{p'2} = \dots = n_{p'f}, & g_{p'1} &= g_{p'2} = \dots = g_{p'f}. \end{aligned} \right\} \quad (41)$$

De même, les conditions (37) entre les l et n ou les analogues entre les u et g entraînent :

$$\sum_{i=1,2,\dots,f} n_{1i} = \sum n_{2i} = \dots = \sum n_{fi}, \quad \sum g_{1i} = \dots = \sum g_{fi}. \quad (42)$$

Il est facile de vérifier que, si les (41) et (42) sont remplies, l'ensemble des conditions (38), (39) et (40) est compatible.

On ne voit que deux formes remplissant la double condition symétrique (41)-(42) : ou bien un *faisceau de génératrices régulièrement espacées sur un cylindre à base circulaire* ; ou bien un *faisceau de conducteurs tous équidistants*.

Nous appellerons la première forme, déjà rencontrée dans l'examen des nappes symétriques, un *faisceau circulaire* ; la

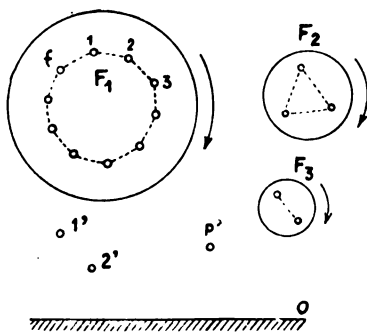


Fig. 9.

deuxième, un *faisceau uniforme*. Il est évident que les conditions remplies par la première le sont également par la deuxième.

Ainsi, les six fils entourant le brin central dans un câble à sept conducteurs forment un faisceau équilibré à la fois par rapport au septième et par rapport à l'enveloppe. C'est un exemple du premier type. Un couple symétrique, une tierce symétrique torsadée d'un mouvement continu régulier dans une nappe sont des faisceaux uniformes mais peuvent évidemment être rangés aussi dans la première catégorie.

Sur la figure 9, sont représentés des faisceaux des deux types.

Faisceaux circulaires. — Après le couple et la tierce, la quarte en carré peut entrer aussi dans cette catégorie, bien qu'elle

représente, plutôt qu'un faisceau élémentaire, un groupement équilibré des deux faisceaux égaux constitués par les deux couples en diagonale.

Puis viendrait la figure en pentagone régulier. A cause de son plan de symétrie, deux de ses quatre ondes propres seraient, d'après ce qui a été dit, faciles à extraire de son Δ_F , qui est du cinquième degré. Il n'en est pas de même des deux autres englobées dans le facteur complémentaire du troisième degré.

Ensuite, vient le faisceau hexagonal ; celui-ci aurait plus d'intérêt pratique, puisque, complété par un conducteur central égal aux six autres, il constitue le câblage courant d'une âme à sept fils. Sa double symétrie permet de déterminer aisément les cinq coefficients de propagation, dont deux sont doublés :

$$(a^2 + A)^2 (a^2 + A')^2 (a^2 + A'') = 0.$$

Ce faisceau se prête donc bien à cinq circuits ou transmissions équilibrés. Mais les impédances des branches de combinaison des montages terminaux dépendent, au moins partiellement, des impédances desdits circuits et, par suite, de la fréquence.

Le montage conviendrait plutôt au domaine de la télégraphie.

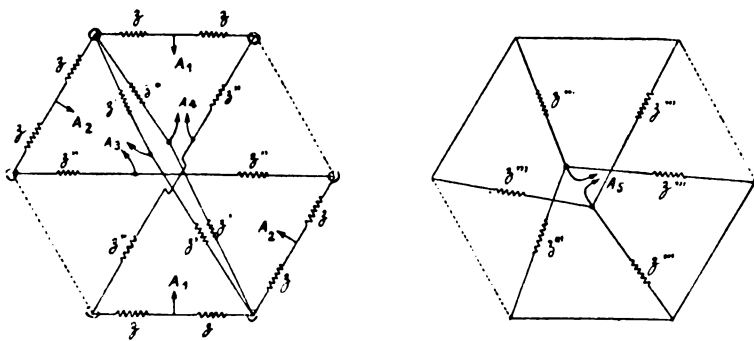


Fig. 10.

La figure 10 montre un montage terminal de cinq appareils d'utilisation des ondes propres, ainsi que les impédances des branches de combinaison, dont nous ne donnerons pas les équations de dépendances.

Il est évident qu'on peut constituer un faisceau circulaire

d'un nombre quelconque de conducteurs. Mais au delà de six, la question paraît sans intérêt.

Faisceaux uniformes. — Il n'est pas possible de réaliser de faisceau uniforme de plus de trois conducteurs. Néanmoins, on peut chercher avec des faisceaux à quatre ou plus, à se rapprocher des propriétés du type uniforme ; c'est ce qu'on a fait dans certains câblages récents par quartes.

Ce faisceau jouit, en effet, d'une propriété intéressante : *les ondes propres ont toutes même coefficient de propagation, et par conséquent tous les circuits équilibrés intérieurs ont même coefficient d'affaiblissement et en outre, dans les câbles pupinisés, même fréquence de coupure.*

Le faisceau uniforme est tel, en effet, que les relations (41) et (42), dans lesquelles on substitue les coefficients élémentaires m aux n deviennent :

$$\left. \begin{array}{ll} m_{1'1} = \dots = m_{1'f} & g_{1'1} = \dots = g_{1'f} \\ m_{p'1} = \dots = m_{p'f} & g_{p'1} = \dots = g_{p'f} \\ m_{01} = \dots = m_{0f} & g_{01} = \dots = g_{0f} \\ m_{11} = m_{22} = \dots = m_{ff} & g_{11} = \dots \\ m_{12} = m_{13} = \dots = m_{1f} & g_{12} = \dots \\ = m_{23} = \dots = m_{2f} & = g_{23} = \dots \\ \dots\dots\dots & \dots\dots\dots \\ = m_{f-1f} & = g_{f-1f} \end{array} \right\} \quad (43)$$

On en tire d'ailleurs :

$$\begin{aligned} A_{11} &= A_{22} = \dots = A, \\ A_{12} &= \dots = A', \end{aligned}$$

et :

$$\begin{aligned} 0 = \Delta &= \left| \begin{array}{ccc|cc} a^2 + A & A' & \dots & A' & A_{11}' & \dots & A_{1p'}' \\ & A' & a^2 + A & \dots & A' & & \\ & A' & & & & & \\ & \vdots & & & & & \\ & \vdots & & & & & \\ \dots\dots\dots & & & & & & \\ & A_{1'1}' & \longrightarrow & A_{1'1}' & a^2 + A_{1'1}' & \dots & A_{1'p'}' \\ & \vdots & & & & & \\ & A_{p'1}' & \longrightarrow & A_{p'1}' & A_{p'1}' & \dots & a^2 + A_{p'p'}' \end{array} \right| = \\ &= (a^2 + A - A')^{f-1} \times \left| \begin{array}{c|cc} a^2 + \frac{A + (f-1)A'}{f} & A_{11}' & A_{12}' \dots \\ A_{1'1}' & a^2 + A_{1'1}' & \dots \\ A_{2'1}' & \vdots & \\ \vdots & & \end{array} \right|. \end{aligned}$$

Les $(f - 1)$ ondes propres ont le même coefficient :

$$\alpha^2 = -(A - A') = -(n_{11} - n_{12})(g_{11} - g_{12}).$$

Elles sont d'ailleurs distinctes, car leurs λ sont arbitraires pourvu que $\lambda_1 + \dots + \lambda_f = 0$. On peut donc les choisir ainsi :

$$\begin{aligned} V_1 &= \lambda_1 (U_1 - U_2) + \mu_1 (I_1 - I_2), \\ V_2 &= \lambda_1 (U_1 + U_2 - 2U_3) + \mu_1 (I_1 + I_2 - 2I_3), \\ V_3 &= \lambda_1 (U_1 + U_2 + U_3 - 3U_4) + \mu_1 (I_1 + I_2 + I_3 - 3I_4), \\ &\dots\dots\dots \end{aligned}$$

Par exemple, avec une tierce symétrique, on peut prendre un couple quelconque et le combiné du couple avec le troisième fil. Avec une quarte totalement symétrique, si elle était réalisable, on pourrait prendre deux conducteurs quelconques pour un couple, les deux autres pour le deuxième, puis leur combiné.

Groupements équilibrés de faisceaux élémentaires. — On peut encore, comme pour les faisceaux élémentaires, les classer en deux types : circulaire et uniforme ; les groupements en couple et en tierce peuvent être classés dans le deuxième. Le groupement en quarte carrée étant formé de deux groupements couples égaux, on peut l'examiner avec les groupements uniformes.

Laissons de côté les groupements circulaires de peu d'intérêt dessus de quatre éléments et n'examinons que les *groupements uniformes*. L'équation (44) montre que, si, en plus de F, on a d'autres faisceaux F', F'', égaux et formant avec lui un groupement uniforme de g faisceaux, les coefficients des ondes propres au groupement sont égaux et donnés par :

$$\left(\alpha^2 + \frac{A + (f-1)A'}{f} - A'' \right) g = 0, \quad \begin{aligned} A &= A_{11}, \\ A' &= A_{12}, \\ A'' &= A_{11}. \end{aligned}$$

Pratiquement, g est encore égal à 2 ou 3, et il n'y a à considérer que des groupements en couple ou en tierce.

On pourra ensuite constituer des groupements d'ordre supérieur par multiples successifs de 2 ou de 3 : double couple, double tierce, triple couple, triple tierce, etc... (fig. 11).

En résumé, il y a deux types réels de faisceaux et groupe-

ments totalement équilibrés : le type circulaire et le type uniforme. Mais au delà de quatre éléments, 1° les premiers ne donnent lieu qu'à des combinaisons terminales impraticables, 2° les deuxièmes se prêteraient de façon simple à l'utilisation maximum des ondes propres, mais de tels faisceaux il n'existe pas d'exemple réalisable :

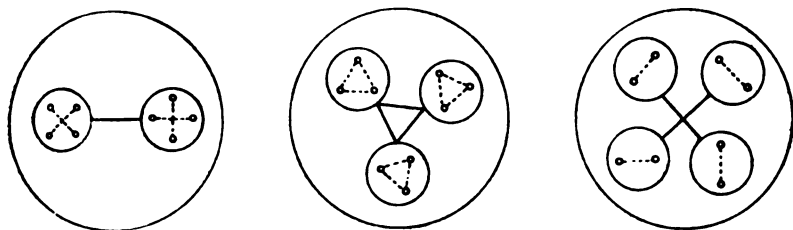


Fig. 11.

quel que soit le procédé de tressage d'une quarte, par exemple, en vue de la rendre uniforme, il subsiste toujours un résidu non compensé qui la classe dans la première catégorie.

Le groupement couple aura comme onde propre :

$$a_1^2 + \frac{A_{11} + (f-1)A_{12}}{f} - A_{11}' = 0, \quad V_1 = [(U_1 + \dots + U_f) - (U_1' + \dots)] + \frac{Z_1}{2} = \frac{n_{11} + (f-1)n_{12}}{a_1}, \quad + \frac{Z_1}{2} [(I_1 + \dots + I_f) - (I_1' + \dots)].$$

De même, le groupement en tierce F, F', F'' aurait comme onde propre celle relative au couple F F', par exemple, qui vient d'être exprimée, et une autre relative à la combinaison du couple en parallèle (F) + (F'') avec le faisceau F' :

$$a_2 = a_1, \quad V_2 = \left[(U_1 + \dots + U_f) + (U_1' + \dots) - \frac{2}{3}(U_1'' + \dots) \right] + Z_2 = \frac{3}{4}Z_1, \quad + \frac{2}{3}Z_2 \left[(I_1 + \dots + I_f) + (I_1' + \dots) - \frac{2}{3}(I_1'' + \dots) \right].$$

Le groupement en quarte carrée F, F', F'', F''' aura, en plus des deux ondes propres des deux groupements couples en diagonale (F)-(F'') et (F')-(F''') :

$$a_1, \quad V = (U_1 + \dots) - (U_1'' + \dots) + \frac{Z_1}{2} [(I_1 + \dots) - (I_1'' + \dots)], \\ Z_1, \quad V = (U_1' + \dots) - (U_1''' + \dots) + \frac{Z_1}{2} [(I_1' + \dots) - (I_1''' + \dots)],$$

l'onde du groupement combiné :

$$a_e^2 + \frac{A_{11} + (f-1)A_{12} + fA_{11} - 2fA_{11}}{f} = 0, \quad V_e = [U_1 + \dots + U_{1''} - U_1' - \dots - U_{1'''}] - \\ Z_e [I_1 + \dots + I_{1''} - I_1' - \dots - I_{1'''}]$$

$$Z_e = \frac{n_{11} + (f-1)n_{12} + fn_{11} - 2fn_{11}}{a_e},$$

En particulier si F, F', F'', F''' se réduisent chacun à un seul conducteur, on retrouve les trois circuits ordinaires de la quarte simple en carré et en particulier son combiné :

$$a_e^2 + (n_{11} + n_{11''} - 2n_{11'}) (g_{11} + g_{11''} - 2g_{11'}) = 0, \quad V_e = U_1 + U_{1''} - U_1' - U_{1'''} - \\ Z_e [I_1 + I_{1''} - I_1' - I_{1'''}]$$

$$Z_e = \frac{n_{11} + n_{11''} - 2n_{11'}}{a_e},$$

4° Formules relatives aux couples et quartes des lignes usuelles.

Les deux couples de la quarte. — Les conditions (43) appliquées aux couples 1-2 et 3-4 dans la nappe se réduisent à :

$$\left. \begin{array}{llll} m_{11} = m_{22} & g_{11} = g_{22} & m_{33} = m_{44} & g_{33} = g_{44} \\ m_{13} = m_{23} & g_{13} = g_{23} & m_{31} = m_{41} & g_{31} = g_{41} \\ m_{14} = m_{24} & g_{14} = g_{24} & m_{32} = m_{42} & g_{32} = g_{42} \\ m_{15} = m_{25} & g_{15} = g_{25} & m_{35} = m_{45} & g_{35} = g_{45} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ m_{10} = m_{20} & g_{10} = g_{20} & m_{30} = m_{40} & g_{30} = g_{40} \end{array} \right\} \quad (45)$$

Les deux ondes sont définies par :

$$a = \sqrt{2(m_{11} - m_{12}) \left[\frac{(g_{11} - g_{12})}{2} \right]}, \quad V_1 = U_1 - U_2 + \frac{Z_1}{2}(I_1 - I_2), \\ Z = \sqrt{\frac{2(m_{11} - m_{12})}{-\frac{1}{2}(g_{11} - g_{12})}}, \quad V_2 = U_3 - U_4 + \frac{Z_1}{2}(I_3 - I_4). \quad (46)$$

La quarte. — Les conditions (45) étant supposées remplies pour chacun des deux couples 1-2 et 3-4, celles d'équilibre de leur groupement sont :

$$\left. \begin{array}{ll} m_{11} = m_{33} & g_{11} = g_{33} \\ m_{12} = m_{34} & g_{12} = g_{34} \\ m_{15} = m_{35} & g_{15} = g_{35} \\ \vdots & \vdots \\ m_{10} = m_{30} & g_{10} = g_{30} \end{array} \right\} \quad (47)$$

L'onde de groupement ou du combiné est alors définie par :

$$= \sqrt{[m_{11} + m_{12} - 2m_{13}] [- (g_{11} + g_{12} - 2g_{13})]}, \quad V_e = U_1 + U_2 - U_3 - U_4 + Z_e$$

$$Z_e = \sqrt{\frac{m_{11} + m_{12} - 2m_{13}}{-(g_{11} + g_{12} - 2g_{13})}}, \quad (I_1 + I_2 - I_3 - I_4). \quad (48)$$

De même, le circuit approprié au télégraphe du quadrifilaire avec le sol, en admettant le faisceau seul et équilibré en présence du sol, serait défini par :

$$= \sqrt{\left(\frac{m_{11} + m_{12} + 2m_{13} + 4m_{00} - 8m_{10}}{4} \right) (-4g_{10})}, \quad V_0 = U_1 + U_2 + U_3 + U_4 +$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{m_{11} + m_{12} + 2m_{13} + 4m_{00} - 8m_{10}}{4}}, \quad + 4Z_0(I_1 + I_2 + I_3 + I_4). \quad (49)$$

$$-4g_{10}$$

Self et capacité d'un circuit simple aérien. — Pour la détermination exacte, à une fréquence donnée, des propriétés transmissives d'un circuit équilibré réel, depuis le a , z jusqu'aux constantes élémentaires R , L , S , C , qu'il s'agisse d'un circuit simple ou d'un combiné d'ordre plus ou moins élevé, rien ne remplace les mesures directes de a et Z au moyen d'une source de courant de la fréquence considérée. Cependant la détermination *a priori* des constantes de propagation, au moyen de formules théoriques, en fonction des dimensions des conducteurs et de leurs distances, offre également un intérêt de premier ordre, sous réserve, bien entendu, que les formules puissent être contrôlées par l'expérience.

Les coefficients de résistance et la valeur moyenne de la perte, dont l'influence relative est d'ailleurs généralement faible, étant connus, l'établissement du diagramme des propriétés transmissives β , α , z (coefficients d'affaiblissement, de longueur d'onde et d'impédance) de la ligne repose donc principalement sur l'évaluation de la self et de la capacité du circuit.

D'après $z = 2 (m_{11} - m_{12}) = 2 (L_{11} \omega - L_{12} \omega)$, la self du circuit est :

$$\mathcal{L} = 2 (L_{11} - L_{12});$$

or :

$$lL_{12} = 2l \left[\log \left(\frac{2l}{d_{12}} \right) - 1 \right],$$

$$lL_{11} = 2l \left[\log \left(\frac{2l}{d_{11}} \right) - 1 \right].$$

Aux fréquences basses ou moyennes de la téléphonie ordinaire, la distance moyenne géométrique d_{12} entre filets opposés des deux conducteurs 1 et 2, se confond avec leur distance D , relativement grande par rapport au rayon r (cas des lignes aériennes) ; la distance moyenne d_{11} est $e^{-1/4}$. La self du circuit, en henrys par kilomètre, est donc :

$$\mathcal{L} = 4 \left[\log \left(\frac{D}{r} \right) + \frac{1}{4} \right] \times 10^{-4}.$$

Dans le cas d'un circuit en câbles, l'inductance naturelle étant très faible devant la résistance, la self naturelle peut être négligée.

Quant à la capacité du circuit, elle s'exprime, en fonction des capacités partielles c_{11} , c_{12} , d'après :

$$g = - \frac{(g_{11} - g_{12})}{2} = \mathcal{C}\omega,$$

$$g_{11} = c_{11}\omega,$$

$$g_{12} = c_{12}\omega,$$

$$\dots\dots\dots$$

$$\mathcal{C} = - \frac{1}{2} (c_{11} - c_{12}).$$

Or, dans le cas des lignes aériennes, les capacités partielles sont données (1) par :

$$c_{11} = - \frac{\delta_{11}}{\delta} \quad c_{12} = - \frac{\delta_{12}}{\delta} \dots$$

$$c_{21} = - \frac{\delta_{21}}{\delta}$$

$$\vdots$$

δ_{11} , δ_{12} ... étant les mineurs du déterminant :

$$\delta = \begin{vmatrix} 2 \log \left(\frac{d'_{11}}{d_{11}} \right) & 2 \log \left(\frac{d'_{12}}{d_{12}} \right) & \dots & 2 \log \left(\frac{d'_{1p}}{d_{1p}} \right) \\ 2 \log \left(\frac{d'_{21}}{d_{21}} \right) & & & \\ \vdots & & & \end{vmatrix},$$

1. Voy., par exemple, FREISIG, *Theoretische Telegraphie*.

les d' indiquant les distances entre conducteurs réels et leurs images par rapport au sol, les d les distances entre les conducteurs réels, lesquelles dans le cas des d^{11} se confondent avec le rayon r . Alors :

$$C = \frac{\delta_{12} - \delta_{11}}{2\delta}.$$

Le couple étant 1 2 équilibré, on vérifie aisément que ce rapport se réduit à :

$$C = \frac{1}{4 \log \left(\frac{d'_{11}}{d_{11}} : \frac{d'_{12}}{d_{12}} \right)} = \frac{1}{4 \log \left(\frac{2h}{r} : \frac{d'}{d} \right)}. \quad (50)$$

Pratiquement, les distances réelles entre fils étant faibles par rapport à la distance au sol, $d' = 2h$, et l'on a finalement la formule habituellement en farads par kilomètre :

$$C = \frac{1}{4 \log \left(\frac{d_{12}}{r} \right)} \times \frac{10^{-6}}{9}. \quad (51)$$

Formule approximative de la capacité d'un circuit simple en câble. — Dans le cas des câbles, la capacité est au premier plan. Mais l'expression de δ n'est plus valable. Cependant, l'hypothèse suivante paraît assez vraisemblable : les formules des capacités partielles pourraient être admises à condition de remplacer, dans le δ et ses mineurs, la fonction $2 \log \left(\frac{d'_{hk}}{d_{hk}} \right)$ par une autre fonction, à déterminer, de la distance entre les deux conducteurs du couple et de la distance de ce dernier à l'enveloppe. Soit φ cette fonction. Le couple étant équilibré, le δ prend la forme suivante :

$$\delta = \begin{vmatrix} \varphi_{11} & \varphi_{12} & \varphi_{13} \\ \varphi_{12} & \varphi_{11} & \varphi_{13} \\ \vdots & \vdots & \vdots \end{vmatrix},$$

d'où :

$$\varphi = \frac{\delta_{12} - \delta_{11}}{2\delta} = \frac{1}{2(\varphi_{11} - \varphi_{12})}.$$

Tout se passe, pour le couple équilibré, comme s'il était seul et sans enveloppe dans le diélectrique supposé homogène. Or, dans

ce cas, la capacité (voir Pomey, *Cours d'électricité théorique*) :

$$\mathcal{C} = \frac{1}{2 \log (U + \sqrt{U^2 - 1})}. \quad (54)$$

Ici: $U = \frac{d^2 - 2r^2}{2r^2}$. Pratiquement, dans le cas des câbles à simples paires, d est de l'ordre de 3 à 4 r ; U^2 est supérieur à 10, et $\sqrt{U^2 - 1}$ est voisin de U :

$$\mathcal{C} = \frac{1}{2 \log (2U)} = \frac{1}{4 \log \left(\frac{d}{r} \sqrt{1 - \frac{2r^2}{d^2}} \right)}. \quad (55)$$

On peut se servir de cette formule pour une évaluation approximative.

Ainsi, en unités pratiques et avec une constante diélectrique de valeur moyenne $k = 1,8$, si $\frac{d}{r} = 4$,

$$\mathcal{C} = 3,8 \cdot 10^{-8}.$$

La formule des lignes aériennes $\mathcal{C} = \frac{1}{4 \log \frac{d}{r}}$ donnerait, avec

le même pouvoir inducteur spécifique, $3,5 \cdot 10^{-8}$.

Self et capacité des circuits combinés. — Des formules (48) relatives aux constantes du groupement équilibré de deux couples 1-2 et 3-4, on déduit la self et la capacité du circuit combiné :

$$\begin{aligned} L_e &= L_{11} + L_{13} - 2L_{13}, \\ \mathcal{C}_e &= -[c_{11} + c_{12} - 2c_{13}]. \end{aligned} \quad (56)$$

La self, dans le cas des lignes aériennes, est donc :

$$L_e = 2 \log \left(\frac{d_{13}^2}{d_{11} d_{12}} \right) = 2 \left[\log \left(\frac{d_{13}^2}{r d_{12}} \right) + \frac{1}{4} \right]. \quad (57)$$

Dans le cas des câbles, ainsi qu'on l'a dit pour le circuit simple, la self propre, jouant un rôle négligeable, peut être délaissée.

La capacité du combiné des lignes aériennes ou souterraines sera :

$$\mathcal{C}_e = \frac{\delta_{11} + \delta_{12} - 2\delta_{13}}{\delta}.$$

Les groupement des deux faisceaux couples étant équilibré, il est facile de vérifier que :

$$C_e = \frac{d_{11} + d_{12} - 2d_{13}}{\delta} = \frac{1}{g_{11} + g_{12} - 2g_{13}}. \quad (58)$$

Dans le cas des lignes aériennes : $g = 2 \log \left(\frac{d'}{d} \right)$,

$$C_e = \frac{1}{2 \log \left(\frac{d'_{11}}{d_{11}} \times \frac{d'_{12}}{d_{12}} : \frac{d'_{13}{}^2}{d_{13}{}^2} \right)}. \quad (59)$$

La ligne étant assez élevée au dessus du sol pour que les d'_{11} , d'_{12} , d'_{13} soient égaux entre eux :

$$C_e = \frac{1}{2 \log \left(\frac{d_{13}{}^2}{rd_{12}} \right)}. \quad (60)$$

Dans le cas des câbles, suivant l'hypothèse formulée pour le combinant, la formule (58) jouerait encore si l'on avait affaire à un diélectrique homogène. En première approximation, on pourrait donc adopter, en unités pratiques :

$$C_e = \frac{1}{2(g_{11} - g_{13}) - \frac{1}{2}(g_{11} - g_{12})} \times \frac{k10^{-6}}{9}. \quad (61)$$

En prenant :

$$\begin{aligned} 2(g_{11} - g_{13}) &= 2 \log \left(\frac{d_{13}{}^2 - 2r^2}{r^2} \right), \\ 2(g_{11} - g_{12}) &= 2 \log \left(\frac{d_{12}{}^2 - 2r^2}{r^2} \right), \end{aligned}$$

on obtiendrait :

$$C_e = \frac{1}{2 \log \left(\frac{d_{13}{}^2 - 2r^2}{r \sqrt{d_{12}{}^2 - 2r^2}} \right)} \times \frac{k_1 10^{-6}}{9}. \quad (62)$$

Mais la constante diélectrique dans le câble n'est pas uniforme et est mal connue. D'autre part, la détermination *a priori* de d_{13} et d_{12} est rendue difficile par la déformation continue de la section théorique du câble, les conducteurs tendant à remplir les espaces disponibles. Aussi les formules (61) et (62) sont-elles sans grand intérêt. D'ailleurs, dans la pratique et à défaut de mesures, on peut se

contenter de formules empiriques convenant à certains types de câbles. (Voir l'analyse d'un article de Luschen dans les *Annales des P.T.T.*, novembre 1926.)

5° Propriétés comparées de diverses formes de quadrifilaires.

Les lignes téléphoniques interurbaines aériennes sont constituées par faisceaux quadrifilaires équilibrés formés de deux couples équilibrés égaux et donnant naissance, par conséquent, à trois circuits équilibrés : deux combinants et un combiné.

Ces faisceaux se rattachent aux deux formes caractéristiques suivantes :

1° *les deux couples sont en croix, les axes étant confondus ;*

2° *les deux couples sont symétriques l'un de l'autre par rapport à un axe distinct de leurs propres axes.*

Dans la première, soit A, la position relative des couples est fixe ; l'ensemble tourne autour de l'axe commun dans la nappe.

Dans la deuxième, soit B, la position relative s'inverse à intervalles égaux. Elle est fixe en ligne courante. Suivant l'inclinaison en ligne courante de la ligne des axes des couples sur la direction commune des plans des couples, la parallélogramme s'aplatit depuis le carré B₁ jusqu'à B₃ en passant par la forme losange B₂. Nous examinerons les caractéristiques de A et des trois variantes de B, qui correspondent toutes à des types d'armement utilisés en France ou à l'étranger.

Pour rendre les formules comparables, on supposera la même distance d'armement D entre fils voisins dans les quatre figures. Comment évaluer, dans les figures B, la distance moyenne d_{13} , qui intervient dans le combiné, puisqu'elle passe périodiquement par diverses valeurs, le long de sections successives égales de ligne. Il est facile de voir que cette distance moyenne, aussi bien dans les formules d'inductances que de capacitance, est :

$$d_{13} = (d_1 d_2 \dots d_n)^{\frac{1}{n}}.$$

En effet, les coefficients de charge qui interviennent dans les

formules de capacités partielles sont les sommes de logarithmes :

$$\left(\log \frac{d_1}{d'} + \log \frac{d_2}{d'} + \dots \right) = \log \left[\frac{(d_1 d_2 \dots d^n)^{\frac{1}{n}}}{d''} \right].$$

On vérifie aisément la propriété analogue dans le cas des coefficients d'induction mutuelle moyenne.

On a, par conséquent :

$$\begin{array}{lll} \text{(A)} & d_{12} = D\sqrt{2} & d_{13} = D \\ \text{(B}_1\text{)} & = D & = D\sqrt[4]{2} \\ \text{(B}_2\text{)} & = D & = D\sqrt[4]{3} \\ \text{(B}_3\text{)} & = D & = D\sqrt[4]{12} \end{array}$$

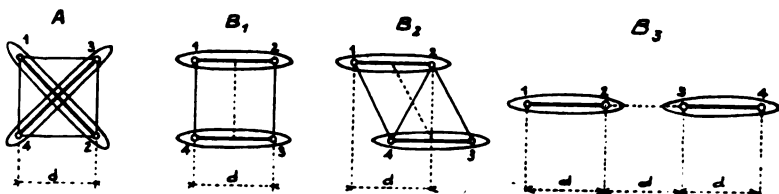


Fig. 12.

Appliquons ces expressions des distances d_{12} , d_{13} dans les formules établies :

$$\left. \begin{aligned} \mathcal{L} &= 4 \left[\log \left(\frac{d_{12}}{r} \right) + \frac{1}{4} \right] \cdot 10^{-4}, \\ \mathcal{C} &= \frac{1}{4 \log \left(\frac{d_{12}}{r} \right)} \times \frac{10^{-6}}{9}, \\ \mathcal{L}_e &= 2 \left[\log \left(\frac{d_{13}^2}{r d_{12}} \right) + \frac{1}{4} \right] \cdot 10^{-4}, \\ \mathcal{C}_e &= \frac{1}{2 \log \left(\frac{d_{13}^2}{r d_{12}} \right)} \times \frac{10^{-6}}{9}. \end{aligned} \right\} \quad (63)$$

Nous posons $N = \log \left(\frac{D}{r} \right)$ et, pour mémoire, écrivons les valeurs des deux logarithmes courants qui interviennent dans ces

quartes ($\log 2$ et $\log 3$). On pourra dresser le tableau suivant :

$$N = \log \left(\frac{D}{r} \right), \quad \begin{array}{l} \log 2 = 0,6931, \\ \log 3 = 1,0986. \end{array}$$

	TYPE A de la fig. 12.	TYPE B ₁ de la fig. 12.	TYPE B ₂ de la fig. 12.	TYPE B ₃ de la fig. 12.
$\mathcal{L} =$	$4 [N + 0,596] \times 10^{-4}$	$4 [N + 0,250] \times 10^{-4}$	$4 [V + 0,250] \times 10^{-4}$	$4 [N + 0,250] \times 10^{-4}$
$\mathcal{C} =$	$\frac{1}{4 [N + 0,346]} \times \frac{10^{-6}}{9}$	$\frac{1}{4 [N]} \times \frac{10^{-6}}{9}$	$\frac{1}{4 [N]} \times \frac{10^{-6}}{9}$	$\frac{1}{4 [N]} \times \frac{10^{-6}}{9}$
$\mathcal{L}_e =$	$2 [N - 0,096] \cdot 10^{-4}$	$2 [N + 0,596] \cdot 10^{-4}$	$2 [N + 0,799] \cdot 10^{-4}$	$2 [N + 1,492] \cdot 10^{-4}$
$\mathcal{C}_e =$	$\frac{1}{2 [N - 0,346]} \cdot \frac{10^{-6}}{9}$	$\frac{1}{2 [N + 0,346]} \cdot \frac{10^{-6}}{9}$	$\frac{1}{2 [N + 0,549]} \cdot \frac{10^{-6}}{9}$	$\frac{1}{2 [N + 1,242]} \times \frac{10^{-6}}{9}$

Quant au calcul de β , α , Z (coefficient d'affaiblissement, coefficient de longueur d'onde et impédance caractéristique), il découle

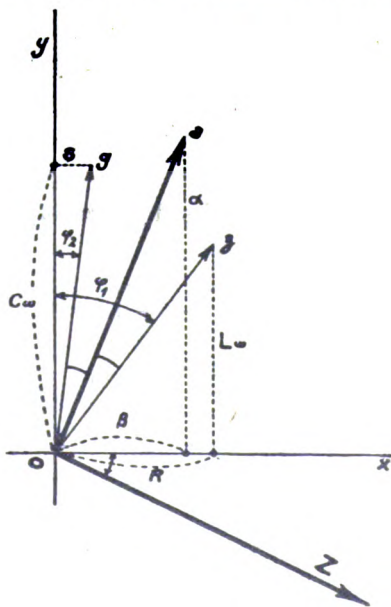


Fig. 13.

de l'examen du diagramme caractéristique du circuit (fig. 13).

Sauf le cas d'humidité atmosphérique excessive, où l'isolement

kilométrique deviendrait inférieur à 500.000 ohms, et sauf le cas des basses fréquences (fréquences voisines de 200), il résulte des valeurs qui seront données plus loin que $\frac{S}{\mathcal{C}\omega}$ et $\frac{R}{\mathcal{L}\omega}$ sont inférieurs à l'unité.

En posant :

$$\frac{R}{\mathcal{L}\omega} = \operatorname{tg} \varphi_1 = \varepsilon_1, \quad \frac{S}{\mathcal{C}\omega} = \operatorname{tg} \varphi_2 = \varepsilon_2,$$

on a :

Coefficient de propagation : $a = \sqrt{z \cdot g}$.

Coefficient d'affaiblissement :

$$\begin{aligned} \beta &= \alpha \sin \left(\frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} \right) = \omega \sqrt{\mathcal{L}\mathcal{C}} \left(\frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2} \right) \left[1 - \frac{1}{8} (\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2) \right] = \\ &= \omega \sqrt{\mathcal{L}\mathcal{C}} \left(\frac{R}{\mathcal{L}} + \frac{S}{\mathcal{C}} \right) \left[1 - \frac{1}{8} \left(\frac{R^2}{\mathcal{L}^2 \omega^2} + \frac{S^2}{\mathcal{C}^2 \omega^2} \right) \right]. \end{aligned}$$

Coefficient de longueur d'onde :

$$\begin{aligned} \alpha &= a \cos \left(\frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} \right) = \omega \sqrt{\mathcal{L}\mathcal{C}} \left[1 + \frac{1}{8} (\varepsilon_1 - \varepsilon_2)^2 \right] \\ &= \omega \sqrt{\mathcal{L}\mathcal{C}} \left[1 + \frac{1}{8} \left(\frac{R}{\mathcal{L}\omega} - \frac{S}{\mathcal{C}\omega} \right)^2 \right]. \end{aligned}$$

Impédance :

$$z = \sqrt{\frac{3}{g}} = \sqrt[4]{\frac{R^2 + \mathcal{L}^2 \omega^2}{S^2 + \mathcal{C}^2 \omega^2}} = \sqrt{\frac{\mathcal{L}}{\mathcal{C}}} \left[1 + \frac{1}{4} \left(\frac{R^2}{\mathcal{L}^2 \omega^2} - \frac{S^2}{\mathcal{C}^2 \omega^2} \right) \right].$$

Si l'on néglige, aux fréquences téléphoniques, les termes secondaires, et d'autre part si $\frac{S}{\mathcal{C}}$ est petit devant $\frac{R}{\mathcal{L}}$, on retrouve les formules bien connues qui ne sont qu'approximatives et acceptables seulement pour les gros fils, les pulsations moyennes ou élevées et pour un état atmosphérique relativement sec :

$$\beta = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{\mathcal{C}}{\mathcal{L}}}, \quad \alpha = \omega \sqrt{\mathcal{L}\mathcal{C}}, \quad Z = \sqrt{\frac{\mathcal{L}}{\mathcal{C}}}, \quad (65)$$

dont les deux dernières sont beaucoup plus exactes que la première.

D'après l'expression de β , la qualité du circuit aérien en gros fil, à résistance égale, croît avec $\mathcal{L}$ et diminue avec $\mathcal{C}$; la quarte A est donc plus favorable pour les combinants que les quartes B, résultat d'ailleurs évident *a priori* puisque l'écart des deux fils dans

A est plus grand. Par contre, le combiné A est moins favorisé que les combinés B, résultat également à prévoir : l'écartement des axes de A à B, des couples allant en croissant : 0, D , $D\sqrt{2}$, $2D$, l'affaiblissement décroît en sens inverse.

Appliquons les formules approchées (66) au cas suivant, en nous rappelant qu'elles ne donnent que les termes principaux de β , α , Z .

$$D = 30\text{cm},$$

$$2r = 3\text{mm},$$

$$R = 5,2\text{ ohms (cuivre)}.$$

$$\text{On a : } N = \log 200 = 5,298.$$

	A	B ₁	B ₂	B ₃
$\mathcal{L} \text{ (mH)}$	2,357	2,219	2,219	2,219
$\mathcal{C} \text{ (m}\mu\text{F)}$	4,95	5,25	5,25	5,25
$\mathcal{L}_e \text{ (mH)}$	1,040	1,179	1,219	1,358
$\mathcal{C}_e \text{ (m}\mu\text{F)}$	11,2	9,84	9,30	8,49
β	38.10^{-4}	41.10^{-4}	41.10^{-4}	41.10^{-4}
$Z \text{ (ohms)}$	690	635	635	635
β_e	$42,5.10^{-4}$	$37,5.10^{-4}$	36.10^{-4}	$32,5.10^{-4}$
$Z_e \text{ (ohms)}$	306	346	360	400

(67)

Les différences d'affaiblissement d'un combiné au suivant sont de l'ordre de 10 %. Il ne faut pas tirer, pour les β , de conclusion plus précise de ce tableau, puisque les formules (66) dérivent de (65) par abandon des termes correctifs, qui sont de l'ordre de 10 %.

Des mesures récentes du Service d'études et de recherches techniques de l'administration des Postes et Télégraphes sur des

quadrifilaires aériens du type A confirment les résultats de la colonne A.

Une légère divergence apparaît toutefois, en ce qui concerne les capacités, entre les valeurs provenant de la mesure et celles provenant de la théorie : aussi bien pour les combinants que pour le combiné, la capacité mesurée dépasse de 5 à 6 % la capacité calculée, alors que, d'un côté comme de l'autre, l'erreur opératoire paraît d'un ordre bien inférieur.

Il ne faut pas chercher l'explication de cet accroissement de la capacité dans le cas réel par l'influence des fils voisins en ligne courante, puisque la théorie du circuit équilibré en a déjà tenu compte et que cette influence s'est éliminée d'elle-même du résultat.

Mais peut-être n'est-il pas absurde d'admettre qu'aux points d'appui, qui sont déjà des points de discontinuité pour la perdittance, la capacité du circuit s'augmente d'une capacité C_s en parallèle, par la présence des traverses an fer. La capacité supplémentaire est le double de la capacité de l'un des deux fils par rapport à cette masse métallique. Or il s'agit d'expliquer un accroissement de 6 %, c'est-à-dire de l'équivalent de 3 mètres du circuit : il semble bien que C_s puisse être de cet ordre.

Propriétés transmissives des groupements par tierces et tritierces et applications à un système de câble chargé.

Après l'étude de groupements équilibrés des conducteurs par 2 et puissances successives de 2, l'idée qui vient immédiatement à l'esprit est d'essayer les groupements par 3 ou puissance de 3, déjà représentés précédemment⁽¹⁾. La tierce symétrique 1 2 3 équilibrée dans la nappe comporte deux ondes propres, dont l'utilisation est immédiate, un circuit couple (1-2), par exemple, et le combiné

1. NOTE DE L'AUTEUR. — Cette idée n'est pas nouvelle. Notre camarade Ravut l'a mise en œuvre depuis plusieurs années déjà, dans des brevets comportant diverses variantes de groupements et de dispositifs terminaux. Plutôt que les schémas de principe auxquels nous nous sommes attachés plus loin, M. Ravut préconiserait des systèmes mixtes de groupements à son avis plus économiques.

formé avec le couple et le troisième conducteur (1+2)-(3) ou circuit tierce.

Les propriétés des deux circuits sont définies par leurs ondes, qui ont d'ailleurs le même coefficient de propagation :

Circuit couple :

$$\left. \begin{aligned} V_1 &= U_1 - U_2 + \frac{Z_1}{2} (I_1 - I_2) \\ a &= \sqrt{z_1 g_1} \quad z_1 = 2(m_{11} - m_{12}) \\ Z_1 &= \sqrt{\frac{z_1}{g_1}} \quad g_1 = -\frac{(g_{11} - g_{12})}{2} \end{aligned} \right\} \quad (68)$$

Circuit tierce :

$$\left. \begin{aligned} V_e &= U_1 + U_2 - 2U_3 + \frac{2}{3} Z_e (I_1 + I_2 - 2I_3) \\ a_e &= a_1 \quad z_e = \frac{3}{4} z_1 \\ Z_e &= \frac{3}{4} Z_1 \quad g_e = \frac{4}{3} g_1 \end{aligned} \right\} \quad (69)$$

De même, le groupement tritierce (1 2 3), (4 5 6), 7 8 9) comportera, en plus des six ondes propres précédentes, deux ondes de groupement, soit deux nouveaux circuits équilibrés :

Circuit bitierce :

$$\left. \begin{aligned} V_b &= U_1 + U_2 + U_3 - U_4 - U_5 - U_6 + \frac{3}{2} Z_b (I_1 + I_2 + I_3 - I_4 - I_5 - I_6) \\ a_b &= \sqrt{z_b g_b} \quad z_b = \frac{2}{3} (m_{11} + 2m_{12} - 3m_{14}) \\ Z_b &= \sqrt{\frac{z_b}{g_b}} \quad g_b = -\frac{3}{2} (g_{11} + 2g_{12} - 3g_{14}) \end{aligned} \right\} \quad (70)$$

Circuit tritierce :

$$\left. \begin{aligned} V_t &= (U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + U_5 + U_6) - 2(U_7 + U_8 + U_9) + \\ &\quad + \frac{2}{3} Z_t [(I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6) - 2(I_7 + I_8 + I_9)] \\ a_t &= a_b = \sqrt{z_t g_t} \quad \left| \quad z_t = \frac{3}{4} z_b \right. \\ Z_t &= \sqrt{\frac{z_t}{g_t}} = \frac{3}{4} Z_b \quad \left| \quad g_t = \frac{4}{3} g_b \right. \end{aligned} \right\} \quad (71)$$

Propriétés comparées dans le cas des câbles chargés. — On s'impose généralement le même affaiblissement pour les circuits de diverses catégories, combinants ou combinés, et l'on compare pour l'usage téléphonique les fréquences de coupure Ω .

Or $\Omega = \frac{1}{2l} \sqrt{\mathcal{C}\mathcal{L}} = \frac{1}{2l\mathcal{C}Z}$ est inversement proportionnel au produit $\mathcal{C}Z$. D'autre part, dans un câble chargé, on a :

$$R = 2\beta Z - (S + \mathcal{C}H) Z^2,$$

c'est-à-dire qu'en négligeant le terme de correction très petit $(S + \mathcal{C}H) Z^2$, voisin de 2 à 3 ohms,

$$Z = \frac{R}{2\beta}.$$

On peut donc écrire, en fonction de β affaiblissement et l intervalle des points de charge :

$$\Omega = \frac{1}{2l\mathcal{C}Z} = \frac{\beta}{l} \times \frac{1}{\mathcal{C}R} = k \times \frac{1}{\mathcal{C}R}.$$

On voit déjà que les circuits couple et tierce ont la même fréquence de coupure $\Omega_c = \Omega_1$, puisque

$$\mathcal{C}_c R_c = \frac{4}{3} \mathcal{C}_1 \cdot \frac{3}{4} R_1 = \mathcal{C}_1 R_1.$$

On a d'autre part, approximativement : $\mathcal{C}_b = 4\mathcal{C}_1$.

Donc :

$$\mathcal{C}_b \cdot R_b = \frac{4}{3} \mathcal{C}_1 R_1,$$

$$\Omega_b = \frac{3}{4} \Omega_1;$$

et, comme le circuit tritierce jouit, par rapport au circuit bitierce, des mêmes propriétés que le circuit tierce par rapport au couple, on a :

$$\Omega_t = \frac{3}{4} \Omega_1.$$

Les deux circuits du groupement sont de qualité comparable à celle du faisceau élémentaire, bien qu'un peu inférieure.

Appareils terminaux. — De même que, dans les dispositifs terminaux de combinaison de deux couples, il importe d'éviter les pertes inutiles d'énergie dans les branches de combinaison, on utili-

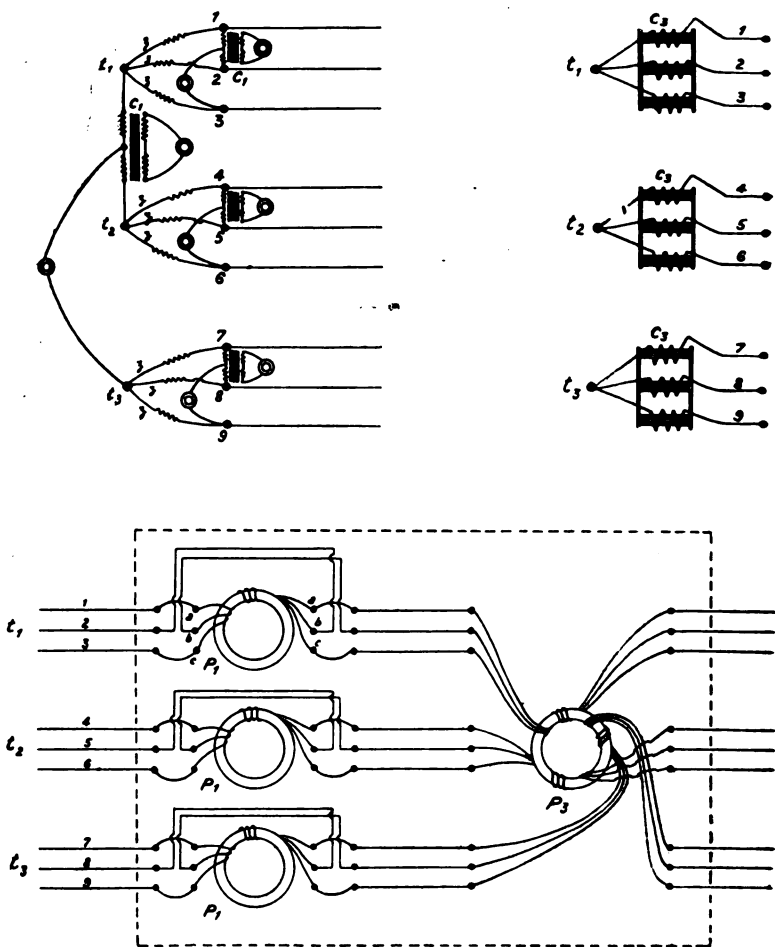


Fig. 14.

sera ici le type de bobine ordinaire pour séparer le couple du circuit tierce ou le circuit bitierce du circuit tritierce. Par analogie, on associera les faisceaux tierces par une bobine dont le noyau est formé de trois branches symétriques en parallèle (fig. 14).

Bobines de charge. — On est conduit, pour respecter les formules qui lient les selfs des circuits tierce et couple d'une part et des deux circuits du groupe supérieur d'autre part, aux deux types de bobines représentées sur la figure 14. Quatre bobines suffisent pour les huit circuits : trois bobines du type P_1 pour les faisceaux trifilaires (chacune servant à la fois pour les deux circuits du faisceau), et une du type P_2 commune aux deux circuits b et t du groupement.

Ce mode de charge maintient l'uniformité dans le faisceau ou dans le groupement et paraît en outre particulièrement économique : avec un seul noyau simple ordinaire, on charge les deux circuits d'une tierce comme on charge un circuit simple isolé et comme on chargerait d'ailleurs les trois circuits d'une quarte uniformément tressée si celle-ci était réalisable.

Dans le cas de P_1 , au lieu d'enrouler la tierce tressée, on peut constituer sur le noyau commun trois enroulements simples symétriques, de même que dans le cas de la charge d'un couple on constitue généralement deux enroulements simples symétriques au lieu d'enrouler la paire torsadée.

Les propriétés intéressantes des câbles uniformes, l'économie résultant du gain en nombre de circuits à la fois dans le câble et dans les bobines sont des avantages séduisants en faveur des câbles à tierce.

Toutefois l'expérience seule peut montrer si l'avantage économique n'est pas seulement apparent.

LE SERVICE UNIVERSEL ET LE TÉLÉPHONE AUTOMATIQUE RURAL,

par R. LOUBATIÉ,
ingénieur en chef des Postes et Télégraphes,
et V. DI PACE,
ingénieur des Postes et Télégraphes.

Les règles générales admises dans l'organisation du réseau téléphonique pour l'adapter au service universel ont été développées dans un article publié par les Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones (1). Quelques études particulières complètes entreprises par l'administration ont permis de fixer une méthode pratique pour l'étude générale de l'organisation nouvelle et ont mis en lumière quelques cas particuliers susceptibles de se présenter assez fréquemment.

I. ETUDE DE L'ORGANISATION DU RÉSEAU.

1^o Rappel de quelques définitions. — On sait que la base de l'organisation consiste en la classification des principaux bureaux téléphoniques en centres de transit et centres de distribution.

Un centre de transit est un bureau dans lequel sont installés des amplificateurs sur cordons ou qui est susceptible d'en recevoir. Les centres régionaux paraissent, *a priori*, désignés pour jouer le rôle de centres de tran. it.

Un bureau peut être considéré comme centre de distribution s'il est relié au moins à un centre de transit par un circuit direct dont l'affaiblissement doit être inférieur à 1,3 à 800 p.p.s. Tous les abonnés situés dans la zone desservie par le centre de distribution doivent pouvoir lui être reliés par un ensemble de lignes dont l'équivalent total de transmission à 800 p.p.s. est inférieur à 1. Dans ce total, sont compris l'affaiblissement introduit par le centre de distribution et les divers bureaux intermédiaires manuels ou automatiques, ainsi que l'équivalent de transmission des lignes d'abonnés des

1. H. MILON *L'adaptation du réseau français au service téléphonique universel* (Annales des P. T. T., janvier 1928).

réseaux à batterie centrale. Cette condition précise la délimitation de l'étendue de la zone d'un centre de distribution.

Dans le but de faciliter l'étude que l'on a en vue, il est intéressant d'indiquer les affaiblissements admis pour les bureaux et pour les lignes. Les valeurs portées dans le tableau ci-dessous résultent de mesures effectuées par le Service d'études et de recherches techniques, de calculs, et des conditions imposées aux constructeurs de multiples manuels ou de centraux automatiques ruraux :

Interurbain de Paris et centres régionaux (centres de transit) .	0,15	
Centre de distribution	0,10	
Centre manuel.....	0,10	
Bureau automatique rural	0,05	
Bobine de combinaison	0,08	
Câbles à paires combinables } Conducteurs de 25/10	0,021	par km
	— 15/10	0,031 —
Câbles de réseau } Conducteurs de 10/10	0,07	—
	— 6/10	0,11 —
Lignes aériennes (armement à 30 ^c m). }	Conducteurs en cuivre de 2 ^{mm} ,5.....	0,0052 —
	— — 3 ^{mm}	0,0039 —
	— — 3 ^{mm} ,5.....	0,0030 —
	— — 4 ^{mm}	0,0025 —
	— — 4 ^{mm} ,5.....	0,0020 —
	— — 5 ^{mm}	0,00175 —

Tous ces affaiblissements sont calculés ou mesurés à 800 p.p.s.

2° Documents nécessaires pour l'élaboration du plan d'organisation. — On sait que les centres de distribution desserviront, outre certains réseaux automatiques ruraux qui leur seront rattachés directement, des centres manuels. Ces centres manuels desserviront, à leur tour, un certain nombre de bureaux ruraux équipés en automatique.

La condition imposée pour qu'un centre puisse recevoir une installation manuelle et être doté du service permanent est que le nombre total des abonnés situés dans la localité et dans les communes reliées à ce centre s'élève à 200 ou soit susceptible d'atteindre ce nombre d'ici la fin de la période d'organisation, qui s'étendra vraisemblablement sur six ou sept années.

La structure du réseau général est telle, que plusieurs de ces bureaux se trouvent actuellement échelonnés sur un même circuit partant du centre manuel, ou ne peuvent être atteints que par la

jonction de petits circuits que l'on relie entre eux à l'aide d'un dicorde dans les petits bureaux ruraux. Afin d'éviter une complication des installations et des manœuvres de l'opératrice du centre manuel, on admet que le nombre de bureaux automatiques ruraux ainsi échelonnés ne doit dépasser trois que dans des cas exceptionnels.

Les données et les conditions précédentes constituent des directives suffisantes pour mettre au point un plan de l'organisation du réseau général. L'élaboration de ce plan ne nécessite que deux documents essentiels :

1° la statistique du nombre d'abonnés et de cabines de chaque localité,

2° le schéma des liaisons électriques existantes.

Ces deux documents sont d'ailleurs régulièrement tenus à jour dans chaque direction régionale.

3° Détermination des centres manuels. — Nous avons vu qu'il s'agissait de grouper, autour d'un centre, un nombre total d'abonnés au moins égal à 200 environ. Dans ce but, il est commode de considérer les petits groupements formés par chaque chef-lieu de canton et les communes qui lui sont actuellement reliées. On inscrit sur une carte, à côté du nom du canton, le nombre d'abonnés ainsi groupés. Les chefs-lieux de canton sont généralement reliés à un chef-lieu d'arrondissement. Celui-ci, qui reçoit ainsi des circuits provenant de plusieurs cantons, groupera le plus souvent un nombre suffisant d'abonnés pour être classé parmi les centres manuels et être doté du service permanent dont bénéficieront tous les abonnés du groupement. Dans le cas contraire, ce chef-lieu d'arrondissement devra lui-même être rattaché, en même temps que tous ses cantons, à un centre plus important.

Le plan de l'organisation future doit naturellement être établi de façon à nécessiter le moins de changement possible dans la constitution du réseau actuel. Il y aura cependant une modification importante à prévoir : c'est celle qui résulte du fait que les circuits reliant un centre manuel à une localité pourvue d'un automatique rural ou reliant des bureaux automatiques ruraux entre eux ne

devront plus être combinés. Cette règle se justifie par le souci d'éviter des schémas compliqués dans les installations et aussi par la nécessité de réduire le plus possible l'affaiblissement entre le centre de distribution et le bureau automatique le plus éloigné.

La suppression des combinés constituera une diminution des moyens de communication entre certains centres manuels et des localités dont le bureau sera équipé en automatique rural ; mais il faut observer que, l'écoulement du trafic étant plus rapide, il pourra suffire de deux liaisons là où il en existait trois auparavant. Cependant il est prévu que, dans certains cas, on pourra construire un troisième circuit pour remplacer le combiné. La dépense totale ne sera pas très élevée, car les combinaisons réalisées actuellement dans les réseaux départementaux intéressent le plus souvent des circuits reliant deux localités assez importantes pour recevoir l'une et l'autre une installation manuelle. Or les circuits reliant deux centres manuels continueront à former groupe combinable et recevront, comme auparavant, l'équipement de combinaison à chaque extrémité. La suppression prévue n'intéressera qu'un nombre très limité de liaisons et ne se traduira pas par de grosses dépenses supplémentaires.

II. EXPLOITATION

D'UN GROUPEMENT DE CENTRAUX AUTOMATIQUES RURAUX RATTACHÉS A UN CENTRE DE GROUPEMENT MANUEL A SERVICE PERMANENT.

On a dit, au paragraphe 2 du chapitre I, que les centraux automatiques ruraux seraient rattachés aux centres de distribution soit directement, soit par l'intermédiaire de centres manuels.

De toute manière, la constitution d'un groupement de réseaux ruraux sera telle, qu'on aura (fig. 1) un bureau manuel à service permanent M (qui sera parfois un centre de distribution et même un centre de transit) auquel seront reliés des bureaux automatiques ruraux, A, E, H, etc..., chacun par un ou plusieurs circuits directs réels. Chaque bureau tel que A est relié à un bureau tel que B, qui peut à son tour être relié à des bureaux tels que C et D. On s'efforcera

de réduire à trois le nombre des bureaux automatiques ruraux séparant du centre de groupement M un abonné quelconque.

Dans un bureau tel que B, chacun des circuits BC et BD est désigné par un numéro d'appel tout comme les abonnés du bureau B.

On donnera le nom de « secteur » à la portion du groupement formé par l'ensemble des abonnés appartenant aux bureaux desservis par le même circuit ou le même groupement de circuits, à partir de M. On désignera un groupement par le nom du centre

manual qui le dessert, et un secteur par le nom du bureau directement relié au centre manuel. Par exemple, le secteur A du groupement de M comprend les abonnés des bureaux A, B, C et D.

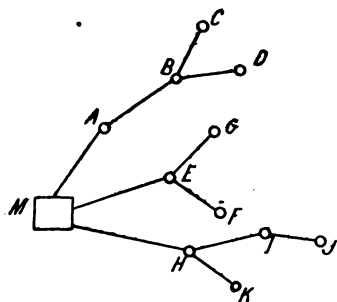


Fig. 1.

Les caractéristiques générales d'exploitation des systèmes de téléphonie automatique rurale qui seront installés dans les bureaux tels que A, B, C, etc... sont les suivantes :

Les abonnés sont, comme par le passé, munis d'appareils à batterie locale avec organe d'appel magnétique.

Ils obtiennent toutes les communications de départ ou d'arrivée par l'intermédiaire de l'opératrice du centre manuel.

Celle-ci peut établir toutes les communications intérieures au groupement ou intéressant aussi des bureaux extérieurs au groupement.

Dans le cas de communications intérieures au groupement, celles-ci sont établies de manière à immobiliser le moins de circuits possible.

L'exploitation elle-même sera effectuée de la manière suivante :

Pour demander une communication, un abonné, par exemple l'abonné b du bureau B, actionne simplement sa magnéto d'appel sans décrocher son poste.

Le courant alternatif d'appel parvient au central automatique

B, où il fait passer l'équipement de la ligne de l'abonné b en position d'appel.

Si alors un circuit est libre vers le central automatique A, la ligne b lui est connectée et l'équipement du circuit en A passe à son tour en position d'appel. Si, en A, un circuit vers M est libre, le circuit BA lui est connecté, et un signal d'appel fonctionne devant l'opératrice du bureau manuel M. Celle-ci enfonce la fiche de réponse d'un discord dans le jack du circuit appelant et se porte en écoute ; s'il n'y a personne en ligne, elle abaisse sa clé d'appel. Le courant d'appel actionne la sonnerie de l'abonné demandeur ; celui-ci décroche son poste, se trouve en présence de l'opératrice, et formule sa demande.

Si, quand la ligne d'abonné b passe en position d'appel, il n'y a pas de circuit libre de B vers A, la ligne b reste en position d'appel jusqu'à ce qu'un circuit devienne libre ; alors elle prend ce circuit ; si, de même, il n'y a pas de circuit libre entre A et M, le circuit BA reste en instance d'appel en A jusqu'à ce qu'un circuit AM soit libéré. La connexion s'opère alors en A, et l'appel est transmis à l'opératrice.

Inversement, l'opératrice peut appeler un abonné quelconque du groupement qu'elle dessert. Par exemple, pour appeler l'abonné d du bureau D, l'opératrice enfonce sa fiche dans le jack d'un circuit desservant le secteur dont fait partie l'abonné, c'est-à-dire ici un circuit vers A. Puis, sur son cadran d'appel, elle émet le numéro qui désigne le circuit AB dans le central A, ce qui la relie au central B, et le numéro qui désigne le circuit BD dans le central B, ce qui la relie au central D. Enfin elle émet le numéro qui désigne l'abonné d dans le central D. En appuyant sur la clé d'appel, elle fait fonctionner la sonnerie de l'abonné, et celui-ci décroche. L'opératrice et l'abonné demandé sont en communication.

On voit facilement, d'après ce qui précède, comment seront exploitées les communications demandées par les abonnés du groupement à destination d'abonnés extérieurs au groupement et les communications destinées aux abonnés du groupement et émanant d'abonnés extérieurs à celui-ci.

On voit aussi aisément comment se fera l'exploitation des com-

munications intérieures au groupement lorsque le demandeur et le demandé appartiennent à deux secteurs différents.

Il reste à examiner le cas où le demandeur et le demandé font partie du même secteur, c'est-à-dire quand ce sont les mêmes circuits qui servent à transmettre l'appel du demandeur et à appeler le demandé.

Deux cas sont à envisager :

- 1° Le demandé appartient au même bureau que le demandeur ;
- 2° Le demandé appartient à un autre bureau dans le même secteur.

Dans le premier cas, on a affaire à une communication « locale ». Suivant les constructeurs, les opérations d'établissement d'une telle communication peuvent différer dans une certaine mesure. Elles consistent, en général, à rappeler le demandeur en faisant intervenir une série spéciale d'organes du central automatique intéressé, qu'on appelle « circuit de connexion locale » et à appeler ensuite le demandé. Par exemple, pour relier l'abonné b de B avec un abonné b' du même bureau, l'opératrice enfiche un circuit MA, émet sur son cadran le numéro du circuit ou d'un circuit AB, et se trouve ainsi reliée au central B. Elle fait alors une manœuvre simple (constituée, par exemple, par l'abaissement de sa clé d'appel), ce qui la relie au circuit de connexion locale du central B, puis émet le numéro de l'abonné b et le sonne : elle émet enfin le numéro de l'abonné b' et le sonne. Ces deux abonnés décrochent et sont en communication, l'opératrice restant en dérivation. Après s'être assurée que les abonnés sont en communication, l'opératrice retire sa fiche, ce qui libère le circuit MA et le circuit AB, qui redeviennent disponibles pour de nouveaux appels. A la fin de la conversation, le raccrochage des deux postes, suivi, pour certains systèmes, d'un tour de magnéto à titre de signal de fin, libère le circuit de connexion locale.

Dans le deuxième cas, on a affaire à une communication intérieure au secteur. Les manœuvres d'établissement sont analogues à celles d'une communication locale ; mais le circuit de connexion locale du bureau de l'abonné le plus proche du manuel est relié d'une part à cet abonné, d'autre part à un circuit. En supposant le

même système qu'à l'alinéa précédent, pour relier l'abonné d de D avec l'abonné a de A, les manœuvres de l'opératrice, quel que soit celui des deux abonnés qui est demandeur, seraient les suivantes : enficher un circuit vers A, appuyer sur la clé d'appel pour saisir le circuit de connexion locale de A, émettre le numéro de a, le sonner, émettre le numéro du circuit AB dans le central A, émettre le numéro du circuit BD dans le bureau B puis le numéro de l'abonné d dans le bureau D, et enfin sonner cet abonné. Les abonnés a et d sont en communication, l'opératrice étant en écoute. L'opératrice retire alors sa fiche, et le circuit MA est de nouveau libre. La libération des organes de A et des circuits AB et BD a lieu au raccrochage, après un tour de magnéto si le système le comporte.

Avec certains systèmes, les manœuvres d'établissement d'une communication locale ou intérieure au secteur peuvent être plus simples, et même se réduire à l'envoi, par le cadran d'appel, du numéro du demandé suivi d'un courant d'appel. Il n'y a pas à rappeler le demandeur, qui reste en ligne pendant l'appel du demandé.

Dans les systèmes qui comportent l'envoi d'un courant de fin par les abonnés, l'oubli de cette manœuvre ne bloque pas les organes automatiques, et l'opératrice peut, au besoin, en reprendre la disposition.

III. ETUDE DE QUELQUES CAS PARTICULIERS.

1° Réseaux se réduisant à une cabine téléphonique. — Si l'on ne prévoit pas pour un avenir prochain de demande d'abonnement dans un tel réseau, la cabine sera simplement considérée comme un poste d'abonné du centre rural auquel elle est reliée.

Si l'on a des raisons de s'attendre à des demandes d'abonnement, il sera bon de prévoir, malgré l'absence d'abonnés, l'installation d'un central automatique rural de la plus petite capacité, qui est de 4 ou 5 abonnés.

On trouve actuellement parfois la disposition suivante : un bureau C est relié à un bureau A par l'intermédiaire d'un autre bureau B qui ne comporte qu'une cabine embrochée sur le circuit.

Un appel sélectif permet actuellement d'obtenir B ou C à partir de A. Cette méthode pourra être maintenue quand A et C seront automatiques, si l'on ne doit pas s'attendre à des demandes d'abonnement en B. Dans le cas contraire, on peut prévoir en B un petit central rural, les appels de B et C se faisant comme il a été dit ci-dessus.

2° L'abonné est relié au centre manuel par plus de trois automatiques ruraux. — Soient A, B, C les premiers bureaux ruraux que l'on rencontre à partir du manuel M dans une direction



Fig. 2.

donnée. S'il existe actuellement un quatrième bureau D relié à C, les abonnés de ce bureau D sont séparés du centre de groupement par quatre bureaux ruraux. Dans ce qui précède, on a indiqué qu'autant que possible un abonné ne serait pas séparé du centre de grou-

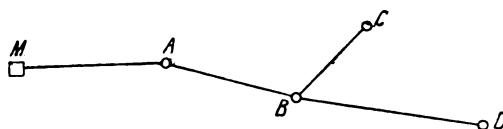


Fig. 3.

pement par plus de trois bureaux ruraux. Toutefois, si les circuits qui interviennent dans la liaison entre les abonnés de D et le manuel M sont de petite longueur, on pourra, dans quelques cas, admettre à titre exceptionnel le transit par les quatre bureaux A, B, C, D. Dans la plupart des cas, il sera préférable d'envisager la construction d'un circuit nouveau en s'inspirant des exemples suivants :

La situation actuelle étant représentée par la figure 2, on peut effectuer le rattachement direct de D à B, ce qui réalise le schéma de la figure 3. En pratique, la façon la meilleure d'effectuer ce rattachement sera souvent de prolonger jusqu'en B le circuit DC. Il y a lieu de remarquer que le central C devient un central terminal au

lieu d'être un central de transit ; il pourra donc être plus simple et par suite moins coûteux que si l'on avait conservé le schéma de la figure 2.

On peut envisager également la pose d'un circuit AC (fig. 4) ou d'un circuit MB (fig. 5).

Dans le cas de la figure 4, le circuit AC pourra être constitué en prolongeant de B en A le circuit CB. Si l'on construit de toutes pièces un circuit neuf AC, le circuit BC peut être conservé à titre de

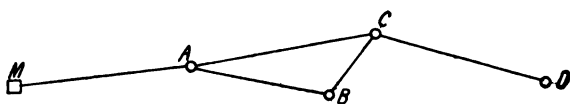


Fig. 4.

secours et pour établir des communications entre B et C. Normalement, les communications destinées à C et D passent par le circuit direct AC. Les communications demandées par les abonnés de C ou D parviendront au manuel par le circuit CA, le circuit BC permettant

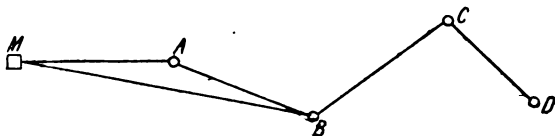


Fig. 5.

seulement d'appeler les abonnés de C et éventuellement de D en passant par B. Dans certains cas, s'il peut en résulter un avantage économique, on pourra déposer le circuit BC.

Des remarques analogues peuvent être faites avec le schéma de la figure 5. Ce schéma est particulièrement favorable si A est un bureau assez grand puisqu'il libère le circuit MA de tout le trafic de B, C, D. Le circuit AB pourra servir aux communications entre A et B, ou comme secours pour appeler un abonné de B ou C si le circuit direct MB ne permet pas de le faire.

Si l'on a plus de quatre bureaux échelonnés donnant lieu à un

trafic appréciable, on ramènera à trois le nombre des bureaux échelonnés sur une même direction en s'inspirant de principes analogues, et l'on prévoira de nouveaux circuits, soit s'il s'agit de petits bureaux à partir d'un bureau rural de la chaîne en conservant un seul secteur (fig. 6), soit si les bureaux sont d'une certaine importance à partir du centre manuel du groupement (fig. 7), ce qui crée deux secteurs : celui de A et celui de D.

Si le trafic des bureaux D, E, F, est trop faible pour qu'on puisse songer à poser de nouveaux circuits, ces bureaux resteront manuels,

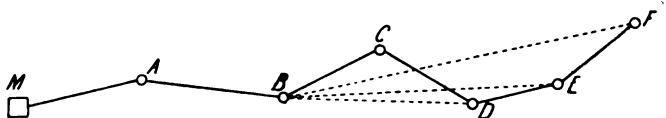


Fig. 6.

et l'on renoncera, au moins pour quelques années, à leur assurer un service universel permanent. Dans ce cas, le circuit CD sera équipé au bureau C comme une ligne d'abonné. Les anciens circuits CD, DE, EF de la figure 5 ou CD de la figure 7 pourront être relevés ; s'ils sont maintenus, ils pourront servir de secours pour les commu-

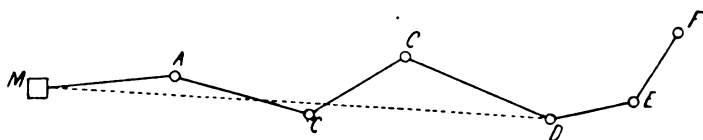


Fig. 7.

nications émanant du manuel, les appels des abonnés vers le manuel passant obligatoirement par les nouveaux circuits. Enfin il est possible aussi de les utiliser pour constituer une partie des nouveaux circuits ; par exemple, le circuit BF de la figure 6 peut être formé par la mise en série des circuits EF, DE, CD et un nouveau circuit BC ; le circuit MD de la figure 7 peut être constitué par le circuit CD et un nouveau circuit MC à construire.

3° Bureau susceptible de devenir un centre de distribution et qui n'est relié directement à aucun centre de transit.

— Il peut arriver qu'un bureau soit tout désigné pour faire un centre de distribution par suite de sa situation géographique et des circuits qui en rayonnent, mais que ce bureau ne possède de circuit direct avec aucun centre de transit. Dans ce cas, en pratique, ce bureau est relié à un ou plusieurs autres centres de distribution, reliés à un centre de transit. Les abonnés dépendant du bureau considéré ne peuvent donc être reliés à un centre de transit qu'à travers un autre centre de distribution.

Deux cas sont alors possibles : ou bien l'affaiblissement reste admissible, même en passant par le deuxième centre de distribution, et alors il n'y a rien à modifier au réseau ; ou bien l'obligation de n'atteindre le centre de transit que par un deuxième centre de distribution introduit un affaiblissement excessif, et alors, si le trafic le justifie, il faut construire un circuit direct entre le centre de transit et le bureau considéré. Dans ce dernier cas, ce bureau devient un centre de distribution répondant exactement à la définition qui en a été donnée au chapitre I. Dans l'autre cas, on pourra encore donner au bureau le nom de centre de distribution, en étendant un peu la définition du chapitre I.

4° Central automatique rural relié à deux centres manuels. — Etant donné deux groupements voisins possibles dont les centres manuels à service permanent sont deux bureaux M et

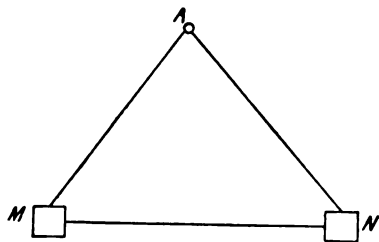


Fig. 8.

N (fig 8), il peut arriver qu'un bureau A à transformer en automatique soit relié actuellement aux deux centres M et N. Ceux-ci, pratiquement, peuvent aussi être reliés directement.

En général, le trafic du bureau A n'est pas également réparti vers M et N et s'oriente plus particulièrement vers l'une de ces deux directions, M par exemple. Alors l'équipement de M et de A sera le même que si la liaison AN n'existait pas. Les appels émanant des abonnés de A (ou des bureaux ruraux transitant par A) parviendront automatiquement à l'opératrice de M. Celle-ci pourra, d'autre part, appeler à la manière ordinaire tous les abonnés de A ou des bureaux qui en dépendent.

Quant au circuit AN, il sera équipé en A comme une ligne ordinaire d'abonné. Quand un abonné de A ou d'un bureau dépendant de A demandera une communication avec un abonné desservi par N, l'opératrice de M traitera cette communication comme une communication locale ou intérieure au secteur de A en appelant par les circuits MA et AN l'opératrice de N et en reliant en A par le circuit de connexion locale le circuit AN et l'abonné demandeur.

Inversement, quand l'opératrice de N désire un abonné du secteur de A, elle envoie un courant d'appel sur le circuit de A, elle appelle ainsi sa collègue de M et formule sa demande. L'opératrice de M y donne suite comme dans le cas précédent en établissant en A la communication locale ou intérieure au secteur.

Au point de vue de l'exploitation, tout se passe comme si les opératrices de M et N s'appelaient réciproquement par le circuit direct MN comme lorsqu'il s'agit d'une communication entre deux secteurs indépendants, l'un du groupement M, l'autre du groupement N ; mais les circuits MA et MN sont libres pendant les communications intéressant N et le secteur de A.

En général, même si les trafics AM et AN sont équivalents, la méthode précédente est applicable. On rattachera alors A à celui des deux centres M et N qui correspondra à l'affaiblissement le plus petit ; si les affaiblissements sont de même ordre, on rattachera A à celui des deux centres M et N qui aura par ailleurs le trafic d'ensemble le moins élevé.

5° Chaîne de circuits entre deux centres manuels. —

Etant donné deux groupements voisins dont les centres sont M et P (fig. 9), on a actuellement, entre les deux centres de groupements,

une liaison possible à travers la chaîne formée par les circuits MA, AB, BC, CD, DE, EP.

En pareil cas, on considèrera, par exemple, les trois bureaux A,B,C, comme formant un secteur du groupement de M et les bureaux E et D comme formant un secteur du groupement de P. On déterminera la limite des deux secteurs en considérant la direction d'écoulement du plus fort trafic, sous réserve naturellement que les conditions d'affaiblissement soient remplies.

Le circuit CD sera équipé à chaque bout comme une ligne

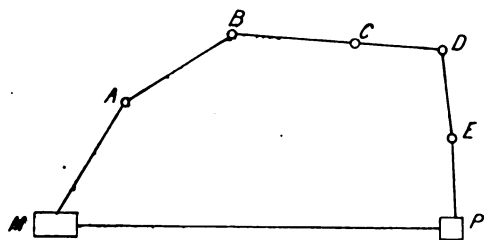


Fig. 9.

d'abonné et ne servira en principe que pour les communications entre les deux secteurs A de M et E de P, tout en constituant un secours éventuel pour le circuit direct MP. Le circuit CD étant équipé aux deux extrémités comme une ligne d'abonné, l'opératrice de M peut appeler celle de P en se reliant, dans le bureau C, au circuit de D à travers A et B et en envoyant un courant d'appel. S'il s'agit, en particulier, d'établir une communication entre un abonné b de B et un abonné d de D, le demandeur b formule sa demande à l'opératrice de M. Celle-ci fait les manœuvres nécessaires pour établir une communication intérieure entre b et le circuit de C ; puis elle appelle, par ce circuit, le circuit de D dans le bureau C et envoie un courant d'appel ; en D, ce courant arrive dans un équipement analogue à celui d'un abonné ; donc le circuit CD prend en D la position d'appel et alerte en définitive l'opératrice de P, qui se met en relation avec le demandeur et sa collègue de M. Celle-ci se retire, soit après avoir formulé elle-même la demande, soit en laissant au demandeur le soin de le faire. Les circuits MA et AB sont alors libérés. L'opéra-

trice de P établit en D la communication locale entre le circuit CD et l'abonné d, puis se retire, ce qui libère les circuits PE et ED. La communication n'immobilise donc que les circuits strictement nécessaires.

6° Liaison entre deux secteurs du même groupement. —

Il peut arriver que les localités A, B, C, D, E (fig. 10) dépendent non de deux groupements M et P mais du même groupement M. Alors le bureau C peut être rattaché soit au secteur A, soit au secteur

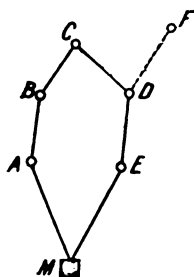


Fig. 10.

E. On le rattachera à celui des deux qui donnera le meilleur affaiblissement, ou, si les affaiblissements sont voisins, à celui qui sera par ailleurs le moins chargé. Si c'est, par exemple, le secteur A, les communications de C transiteront normalement par A et B. Le circuit CD sera équipé en C comme un abonné, de même qu'en D. Pour établir une communication entre l'abonné b de B et l'abonné d de D, l'opératrice répond à b sur le circuit MA et établit la communication entre b et le circuit

CD à l'intérieur du secteur A ; puis elle appelle d sur un circuit ME et établit, dans le bureau D, la communication locale entre d et le circuit DC. Elle libère ensuite les circuits des deux secteurs respectivement jusqu'en B et D par simple retrait de ses fiches.

Il en sera de même s'il y avait un bureau F au delà de D sur le secteur E. La méthode s'applique quels que soient les bureaux des deux secteurs qui sont reliés entre eux.

7° Bureaux reliés directement à un centre de distribution (ou de transit) mais ne présentant pas les conditions requises pour devenir des centres de groupement à service permanent. — A) On a vu plus haut que la condition imposée à un groupe de réseaux ruraux pour constituer un groupement desservi par un bureau manuel à service permanent était d'atteindre ou d'être près d'atteindre une capacité de 200 abonnés.

Si le nombre d'abonnés qu'on peut grouper autour d'un bureau

K relié à un centre de distribution ou de transit est et doit rester nettement inférieur à 200, tout en justifiant, aux heures de fort trafic, la présence d'une opératrice au bureau K et l'emploi de circuits combinés avec le centre de distribution (ou de transit) D, on équipera le bureau K de façon qu'aux heures actuelles d'ouverture de ce bureau il soit exploité par une opératrice et qu'aux heures de fermeture il se comporte comme un automatique rural desservi par une opératrice placée au centre de distribution (ou de transit) D.

On considérera alors l'ensemble des abonnés desservis par le bureau K comme formant un sous-groupement dans le groupement dont le centre est D (fig. 11). On installera en K une position manuelle sur laquelle seront raccordés les circuits KD et qui comportera en outre les dispositifs permettant à l'opératrice de K de traiter automatiquement les appels concernant les abonnés du bureau K et des divers secteurs qui en dépendent.

Cette position manuelle ne sera desservie que pendant les heures d'ouverture du bureau K. Une manœuvre simple de l'opératrice au moment où elle quitte son service

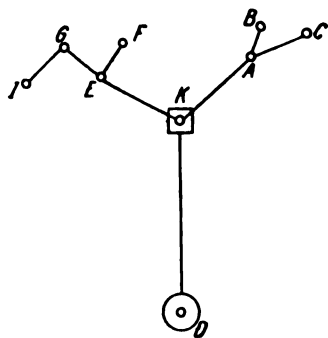


Fig. 11.

établira une liaison directe entre les organes de l'automatique de K et les circuits réels KD, de manière que les communications des abonnés du sous-groupement K soient traitées par une opératrice du centre de distribution D, comme celles des autres abonnés du groupement dont le centre est D.

Aux heures d'ouverture du bureau K, on peut utiliser les circuits combinés entre K et D. Naturellement, il faudra que les manœuvres faites en K au moment de la fin du service pour renvoyer l'automatique sur les circuits KD mettent hors circuit les bobines de combinaison et que, simultanément, la mise hors circuit des bobines de combinaison soit effectuée aussi au bureau D.

B) Si, en même temps qu'au centre de distribution (ou de transit), le bureau K est relié directement à un centre de groupement M

(fig. 12) et si ce bureau K dessert un ensemble d'abonnés inférieur à 200, il pourra être intéressant, si les conditions d'affaiblissement le permettent, de rattacher le sous-groupement K au groupement M plutôt qu'au groupement du centre de distribution (ou de transit).

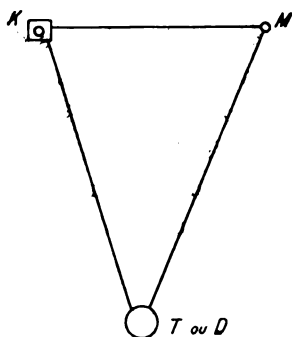


Fig. 12.

Cette disposition sera, en particulier, avantageuse si le bureau K est relié à un centre de transit, car un tel centre écoule un trafic général important, il nécessite un personnel relativement nombreux et comprend un nombre élevé de positions interurbaines. Il y a évidemment intérêt à ne pas y multiplier les installations spéciales. D'autre part, aux heures peu chargées, l'opérateur de service en M peut parfaitement assurer l'ex-

ploitation du groupement de M et du sous-groupement K, et l'on évite l'obligation de modifier suivant les heures de la journée l'équipement et l'exploitation des circuits au centre de transit. Les circuits tels que KD ne sont pas exploités aux heures de fermeture de K, et les circuits tels que TM sont exploités dans de meilleures conditions, le trafic total étant concentré sur un nombre moindre de directions.

Il y aura intérêt, dans certains cas, et pour les mêmes raisons, à procéder de cette manière si, au lieu du centre de transit T, le bureau K est relié à un centre de distribution D à trafic important.

Ce qui a été dit au paragraphe A pour l'emploi des circuits combinés est applicable ici aux circuits KM (fig. 12).

C) Si le bureau K est relié en même temps à un centre de transit T et à un centre de distribution (fig. 13), il pourra recevoir le même équipement qu'aux paragraphes A et B et être relié automatiquement au centre de distribution D aux heures de fermeture. Pendant ces heures, les circuits KT ne seront pas exploités.

D) Enfin, dans le cas où un bureau tel que K serait relié direc-

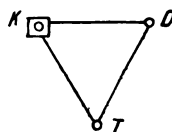


Fig. 13.

tement à un centre de transit, à un centre de distribution et à un centre de groupement M ou à plusieurs (fig. 14), on l'équipera de la même manière, et on le renverra la nuit soit sur M, soit sur D, soit exceptionnellement sur T. Si, par exemple, on le renvoie sur M, les bobines de combinaison en K et en M seront mises hors circuit aux heures de faible trafic, et les circuits KD et KT ne seront pas exploités durant ces heures.

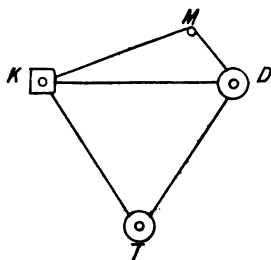


Fig. 14.

Dans tous les cas ci-dessus indiqués, on pourra admettre trois bureaux automatiques ruraux successifs entre K et un abonné quelconque du sous-groupement de K. Aux heures de faible trafic, les abonnés seront desservis par un autre bureau, M par exemple (fig. 14), et certains d'entre eux seront par suite séparés par quatre bureaux automatiques du bureau manuel qui les desservira. Comme ces abonnés seront toujours assez peu nombreux et n'auront qu'un trafic faible aux heures de fermeture, il n'est pas nécessaire de maintenir ici le principe du maximum de trois bureaux successifs, et l'on peut admettre quatre bureaux ruraux successifs pendant les heures creuses, dans le cas particulier des sous-groupements.

APPAREIL A ÉCHANGER LES SACS DE DÉPÊCHES EN GRANDE-BRETAGNE. (1)

L'échange de sacs de dépêches postales entre des points situés le long de la voie ferrée et les trains-poste en marche a été introduit en Grande-Bretagne en 1838. Un vaste développement du système durant la décade suivante amena des perfectionnements considérables dans le mécanisme, mais pendant la dernière période de quatre-vingts ans, l'appareil à échanger les dépêches et la manière de le manoeuvrer n'ont pratiquement subi aucun changement.

Le grand avantage de l'appareil est qu'un train-poste à long parcours peut, avec ce système, passer, sans s'arrêter, devant toutes les stations de peu d'importance et cependant échanger des dépêches à ces stations. La suppression des arrêts, à l'exception d'un petit nombre, abrège le temps nécessaire pour la totalité du voyage, et le district que le train traverse peut ainsi être desservi sans que l'arrivée aux points les plus éloignés en soit retardée.

Par exemple, en faisant usage de l'appareil à 42 stations et en effectuant seulement des arrêts à 8 points de jonction importants, le train-poste de nuit de Londres à Aberdeen est à même de réaliser son trajet de 540 milles en 11 heures 22 minutes. C'est moins que le temps que met le meilleur train de voyageurs et cela représente une vitesse de 76 kilomètres à l'heure y compris les arrêts. Le temps supplémentaire que demanderait le voyage, si le train s'arrêtait à toutes les stations munies d'un appareil serait au moins de 3 ou 4 heures ; et comme il ne saurait être question d'accorder au train-poste autant de temps qu'aux trains ordinaires de voyageurs, beaucoup de localités intermédiaires devraient être desservies par des trains-poste supplémentaires ou par des services d'automobiles

1. Article paru dans *L'Union postale*, octobre 1928.



Fig. 1. — Appareil de quai.

La vue est prise en arrière de la colonne. On aperçoit l'autre derrière le bâti du filet récepteur.
La barrière que l'on voit au bord du quai protège l'agent lorsqu'il passe près des appareils.

Ann. des P.T.T., 1929-II (18^e année).



Fig. 2. — Appareil de quai en action.

La figure montre les trois sacs suspendus au train-poste, mais tournés du côté opposé à la voie ferrée.
Le filet est fermé.

L'agent de service attend l'avis du préposé aux signaux l'informant que le train-poste va bientôt passer.

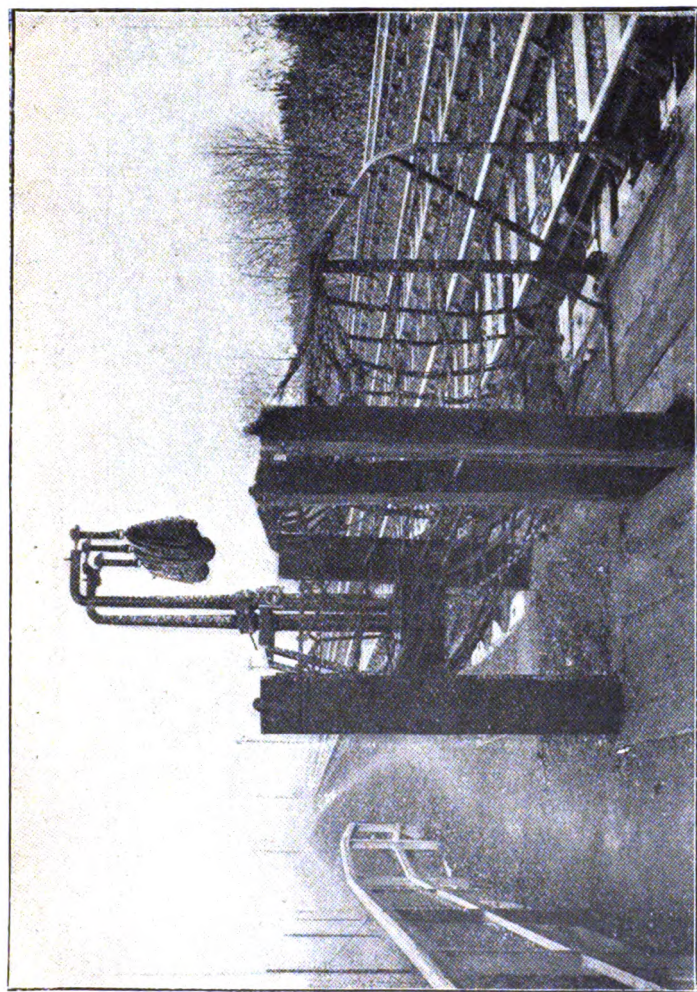


Fig. 3 — Manœuvre de l'appareil de quai.

Le train-poste ayant été signalé, l'agent a fait tourner les vis du côté de la voie ferrée, prêts à être livrés, et le filet de réception est ouvert. On peut voir la lampe signal, à l'extrémité de la plateforme de la colonne.

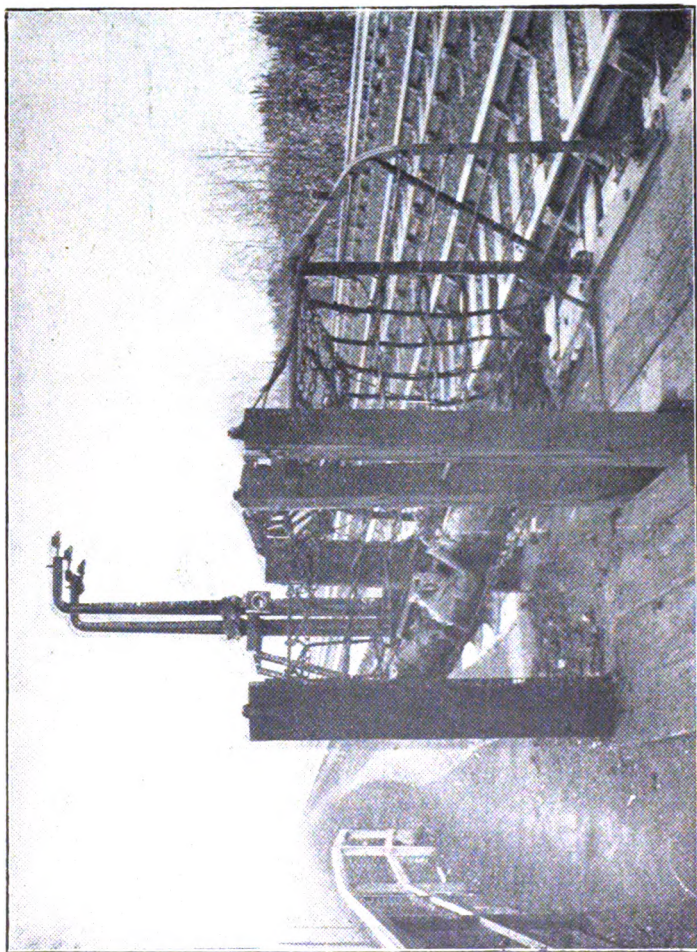


Fig. 4. — Manœuvre de l'appareil de quai.

Le train-poste est passé, enlevant les sacs suspendus aux colonnes.
On voit les trois sacs livrés par le train et déposés sur les mailles du filet de quai.

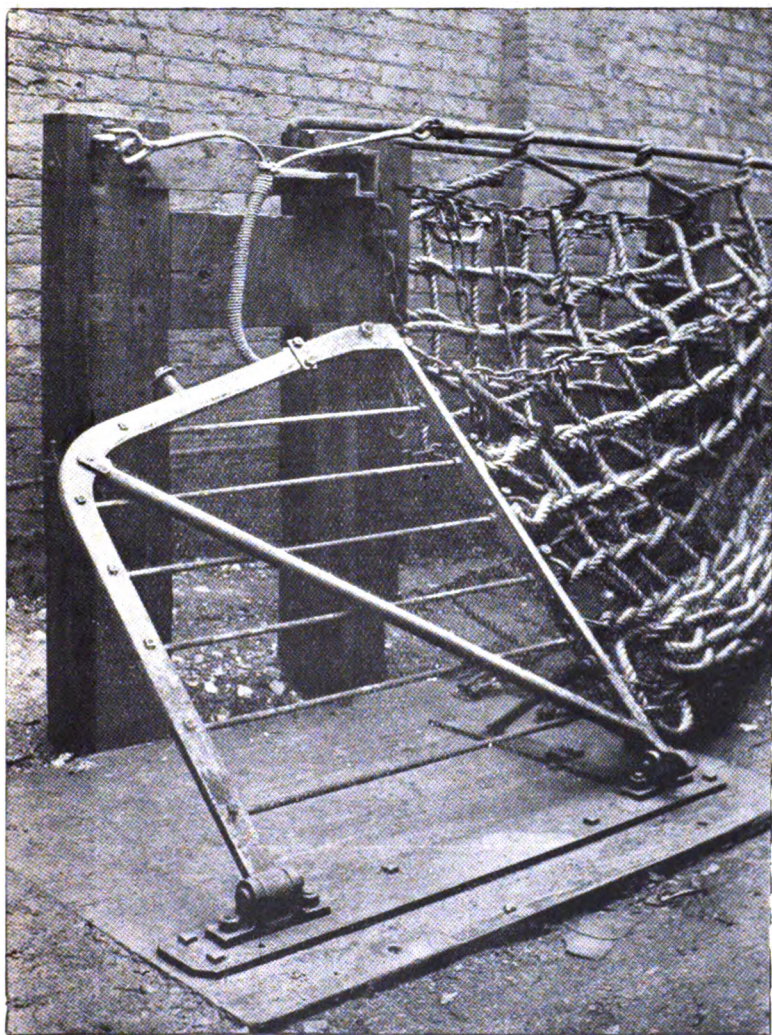


Fig. 5. — Cadres du filet de quai. Filet fermé.

Le cadre mobile en fer est ici dans sa position de repos, la barre transversale pendante depuis le sommet, et le câble d'acier qui sert à détacher les sacs, recourbé contre l'encadrement fixe constitué par les traverses.

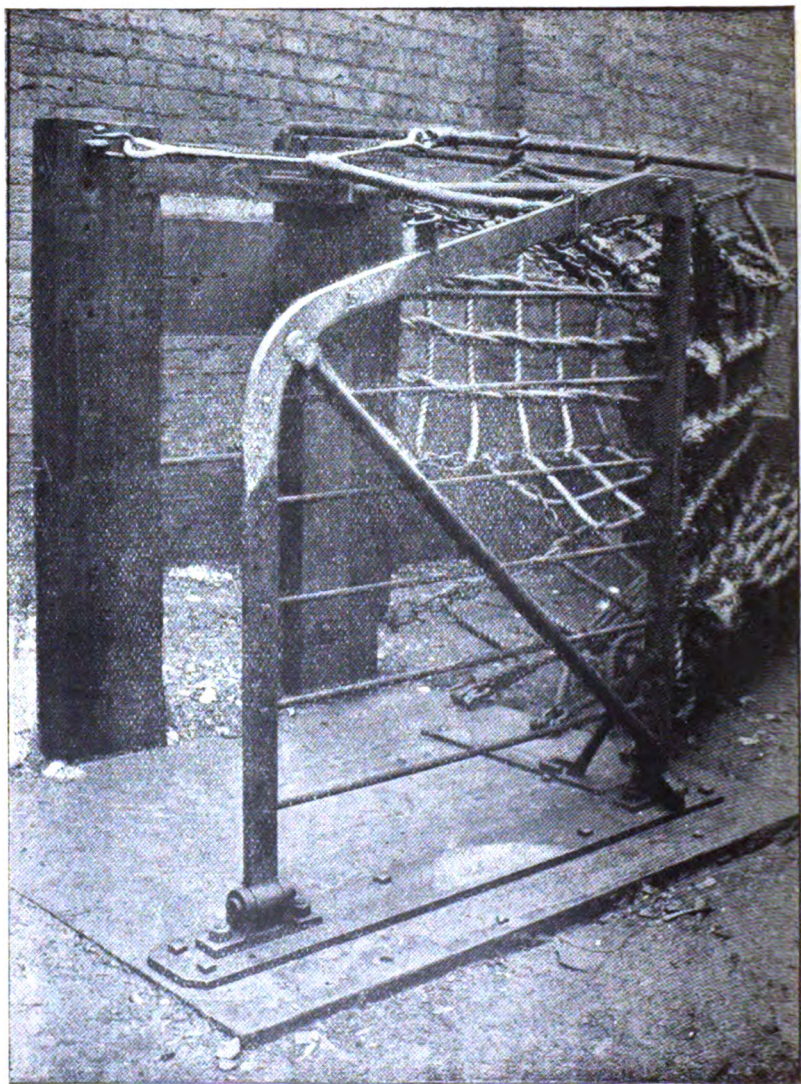


Fig. 6. — Cadres du filet de quai. Filet ouvert.

On voit le cadre de fer redressé jusqu'à sa position limite, soutenant le réseau du filet, et maintenu dans cette position par la barre transversale. On voit le câble d'acier fortement tendu en travers de l'entrée du filet, sur le passage des sacs arrivants.

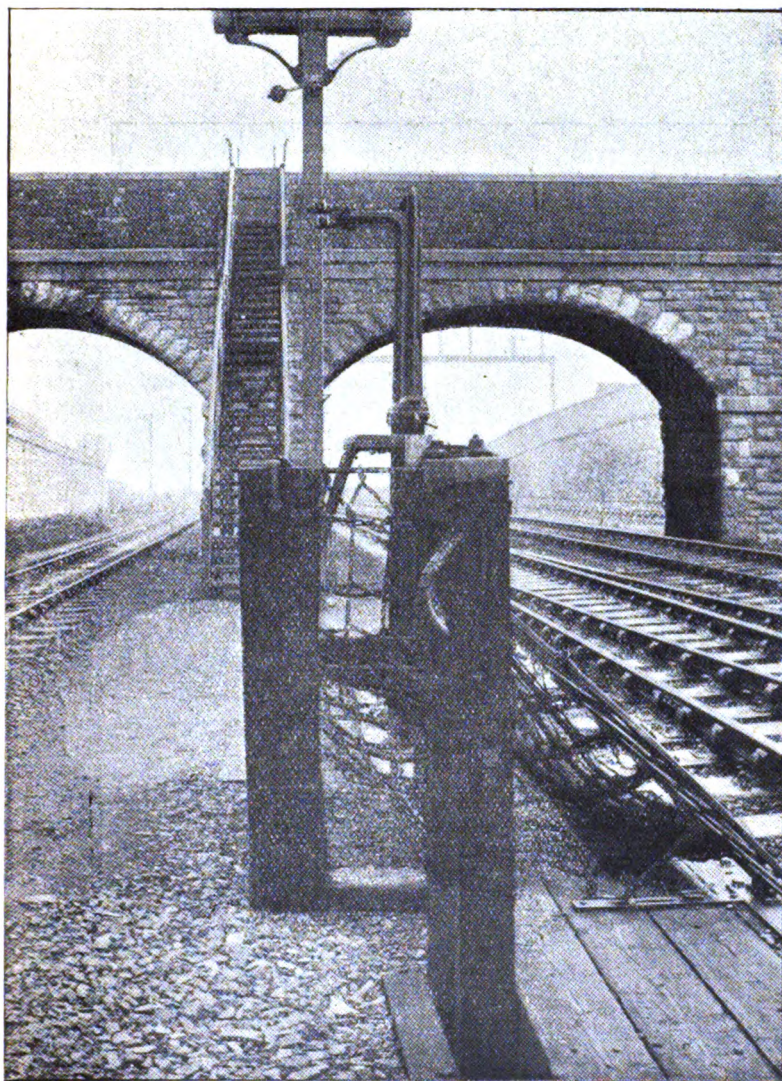


Fig. 7. — Appareil de quai entre les lignes.

Cet appareil est fixé entre deux voies. C'est pourquoi l'approche de l'agent vers le lieu de l'appareil est assurée au moyen d'un escalier conduisant du pont jusqu'au point où se fait l'échange des dépêches.

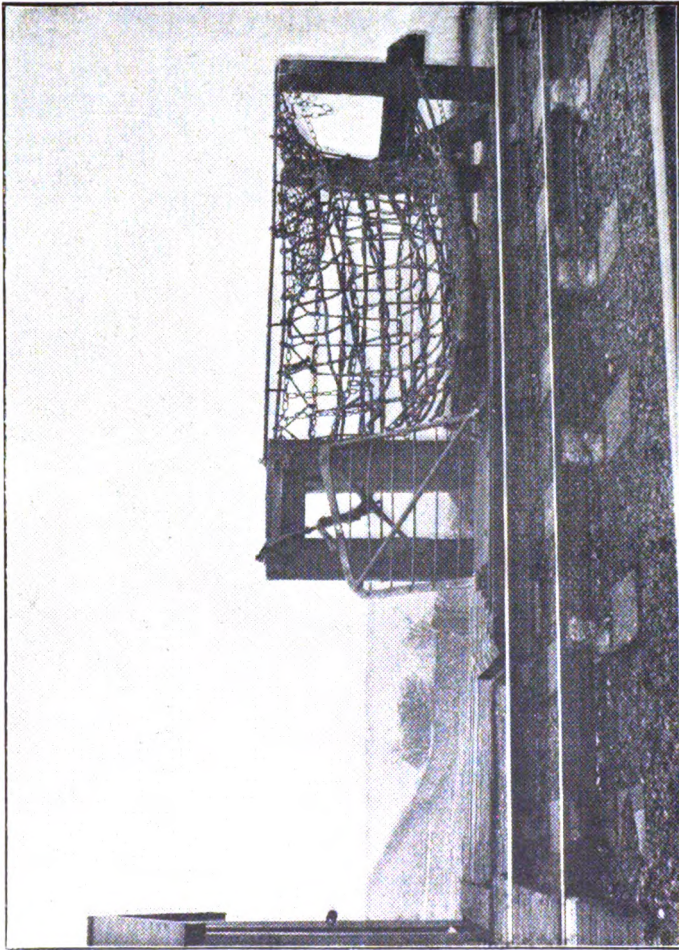


Fig. 8. — Le plus grand filet de quai en Grande-Bretagne.
Capable de recevoir un nombre de sacs allant jusqu'à vingt, on une seule manœuvre. La livraison du nombre maximum des sacs peut être effectuée en toute sécurité en moins de quatre secondes.

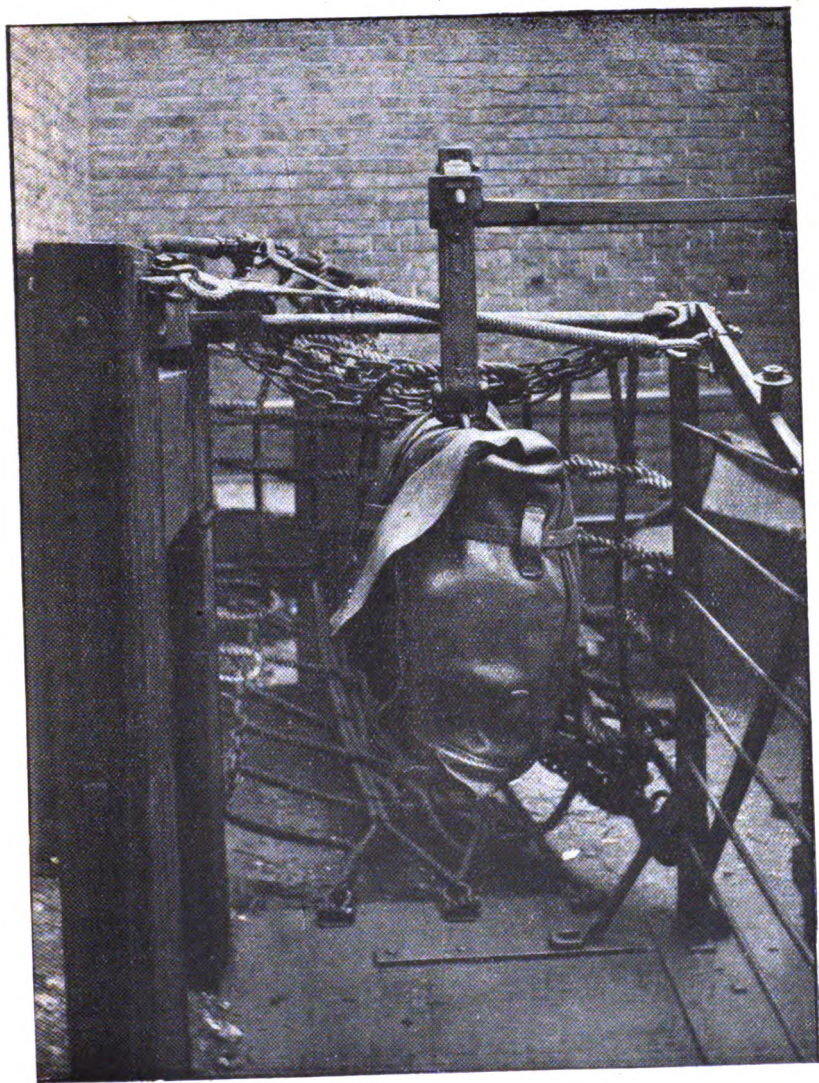


Fig. 9. — Livraison du sac dans le filet de quai.

On voit le sac de cuir, soutenu par la pince à ressort du levier de livraison du wagon-poste, au moment où il entre en contact avec le câble qui va le détacher et lui permettre de s'engager dans le filet. La partie la plus lourde de la courroie principale de suspension est faite de cuir brut.

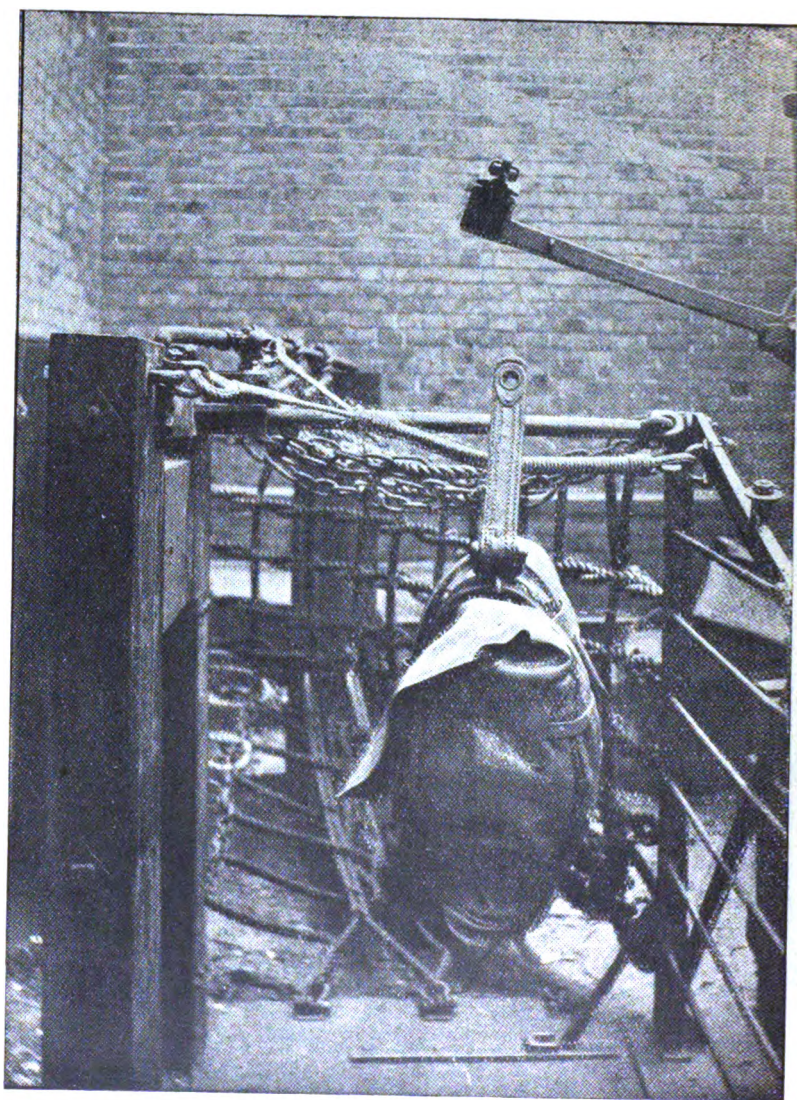


Fig. 10. — Livraison du sac de cuir dans le filet de quai.

Le sac, ayant quitté la pince à ressort du bras de livraison ensuite de son contact avec le câble libérateur, est lancé, par son propre mouvement, dans l'intérieur du filet, tandis que le levier de livraison, débarrassé de sa charge, commence à se redresser verticalement. Le trou, du diamètre d'un dé à coudre, à l'extrémité supérieure de la grande courroie du sac, est nettement visible sur la photographie.

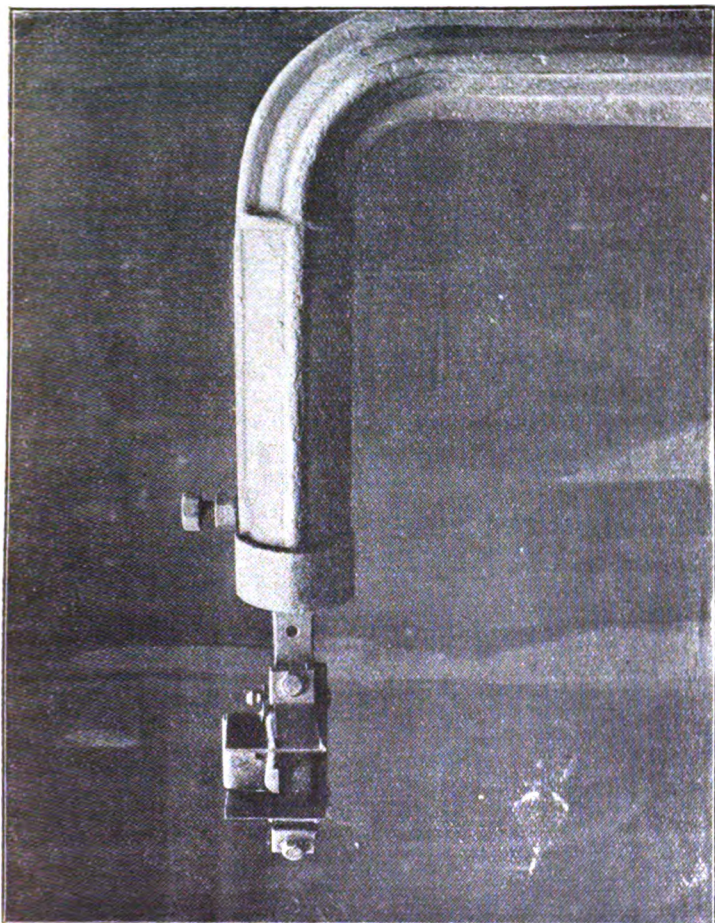


Fig. 11. — Tête de la colonne de quai.

La partie supérieure en fonte porte une paire de pinces à ressort qui saisissent la forte courroie d'un sac suspendu. On voit ci-dessus la goupille qui sert à suspendre la courroie.

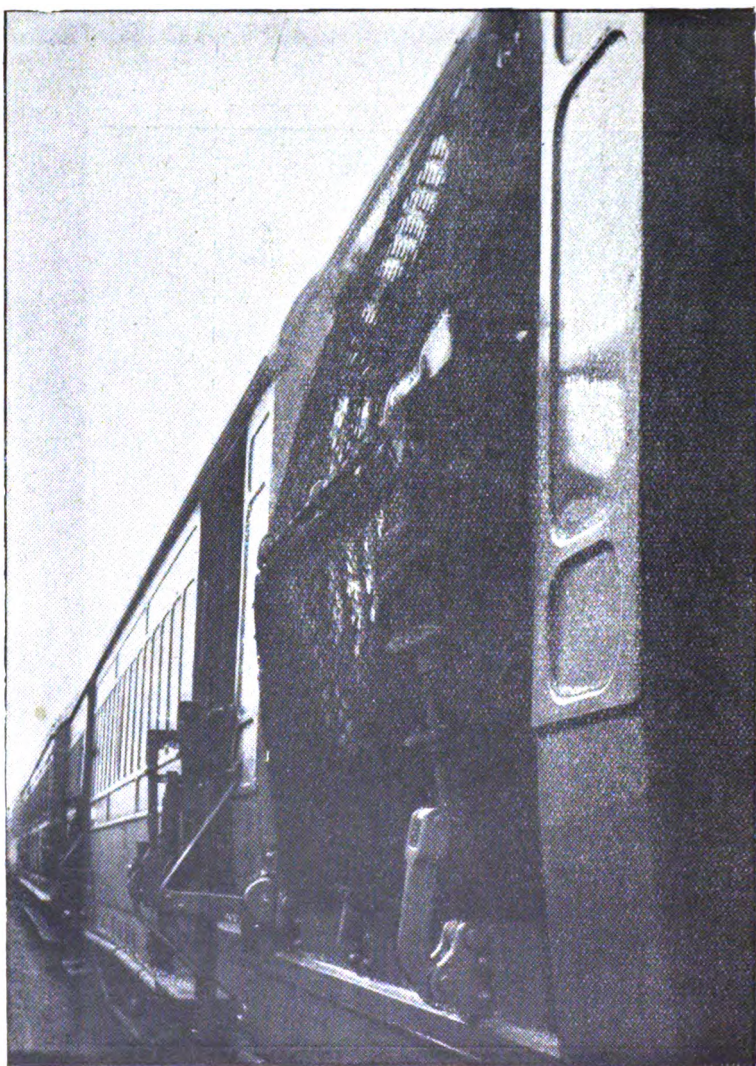


Fig. 12. — Appareil du wagon-poste. Vue extérieure.

Le filet, replié contre la paroi du wagon, est maintenu dans cette position par le levier d'acier que l'on voit à la base du cadre du filet. Les quatre bras de livraison, deux à chaque portière, sont au repos, dans une position verticale.

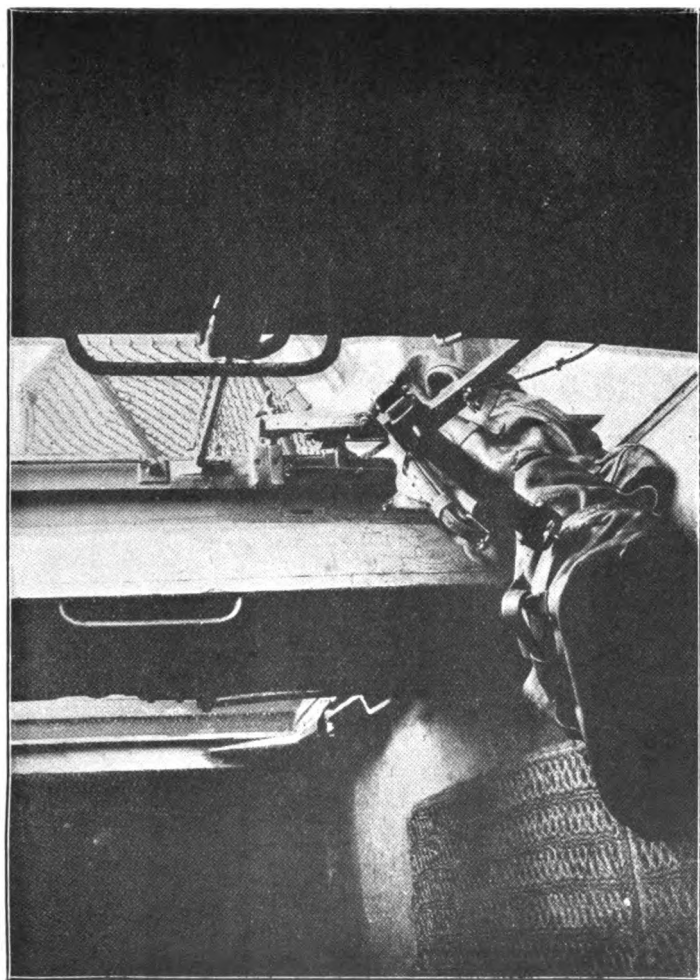


Fig. 13. — Appareil du wagon-poste. Vue intérieure.

Le filet est vu dans la position qu'il a prise pour qu'on puisse y adapter les sacs de cuir. La photographie montre ces derniers déjà fixés aux leviers, qui sont prêts à être étendus en dehors de la voiture. On peut remarquer la barre de sûreté en travers de l'ouverture de la porte.

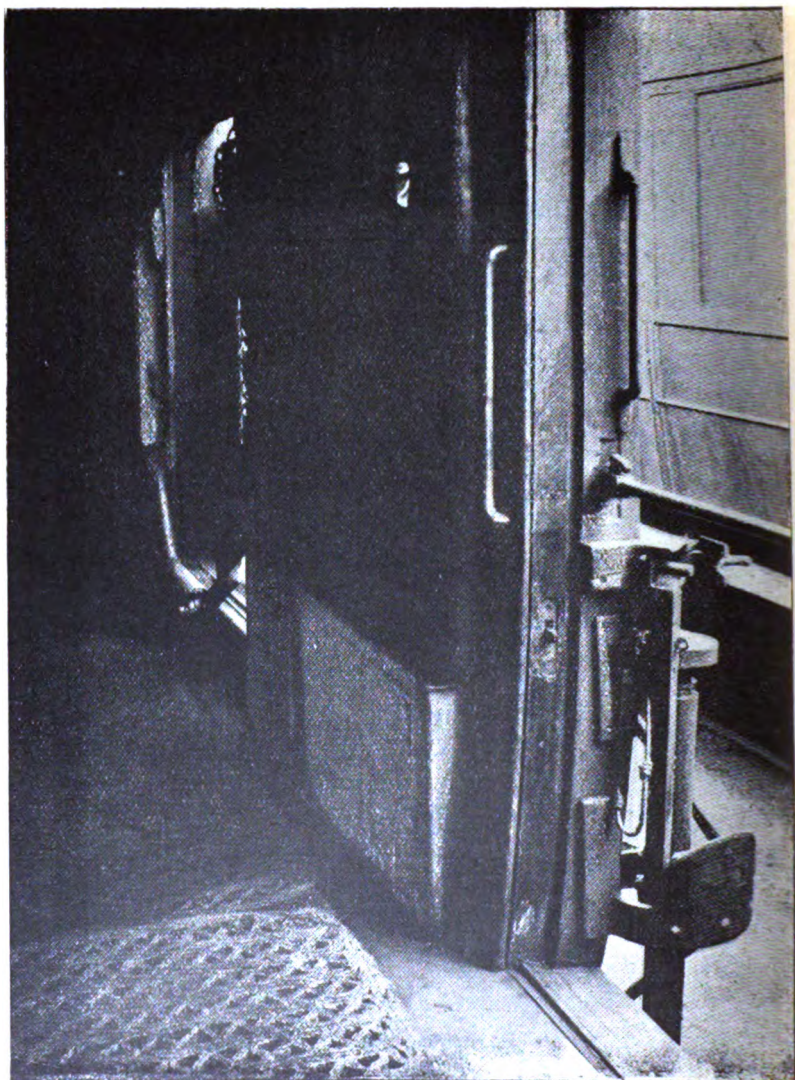


Fig. 14. — Appareil du wagon-poste. Levier de livraison.

Le bras de livraison, avec le tube qui le soutient, est ici dans sa position de repos, sur le côté de la porte. La plaque de fer recourbée ou bouclier, à la partie inférieure du bras, agit comme guide pour le levier chargé lorsque celui-ci commence à s'étendre en vue de la livraison des sacs.

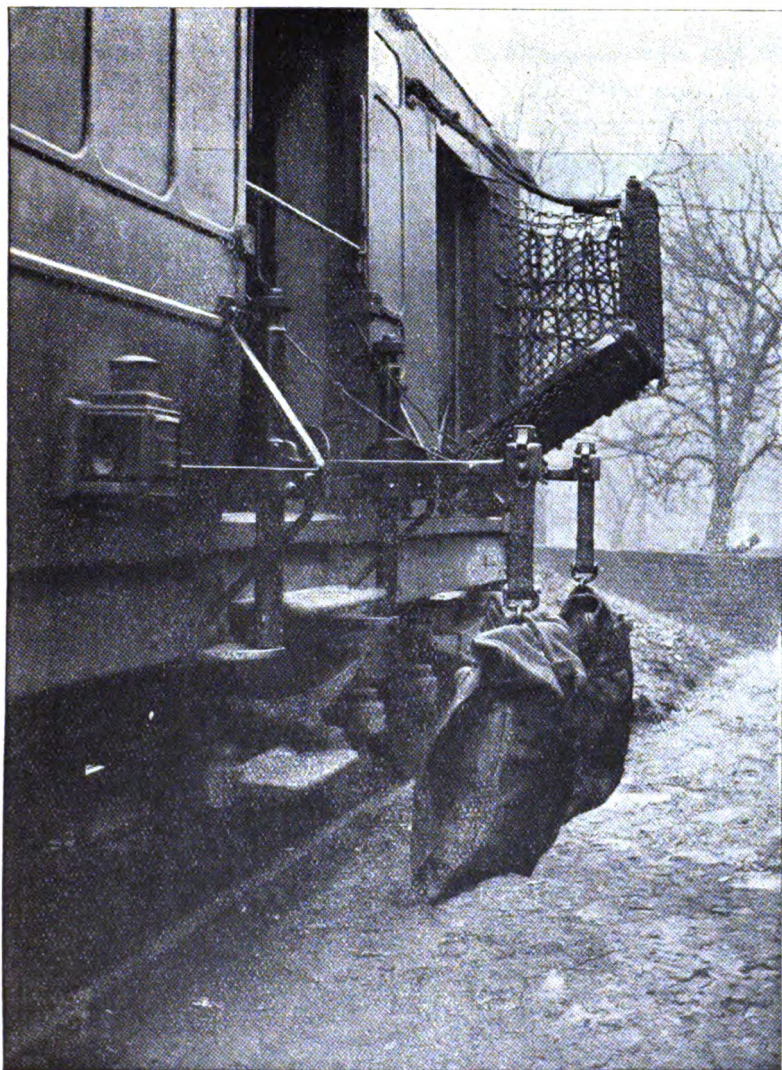


Fig. 15. — Appareil du wagon-poste. Position de travail.

La photographie montre l'appareil du wagon-poste complètement déployé pour l'échange de dépêches avec un appareil de quai.

Le filet du wagon-poste, muni d'une corde qui le libère, est ouvert sur le côté de la voiture.

Les sacs, fixés aux leviers de livraison, pendent librement de la voiture et dans l'axe de l'ouverture du filet de quai.

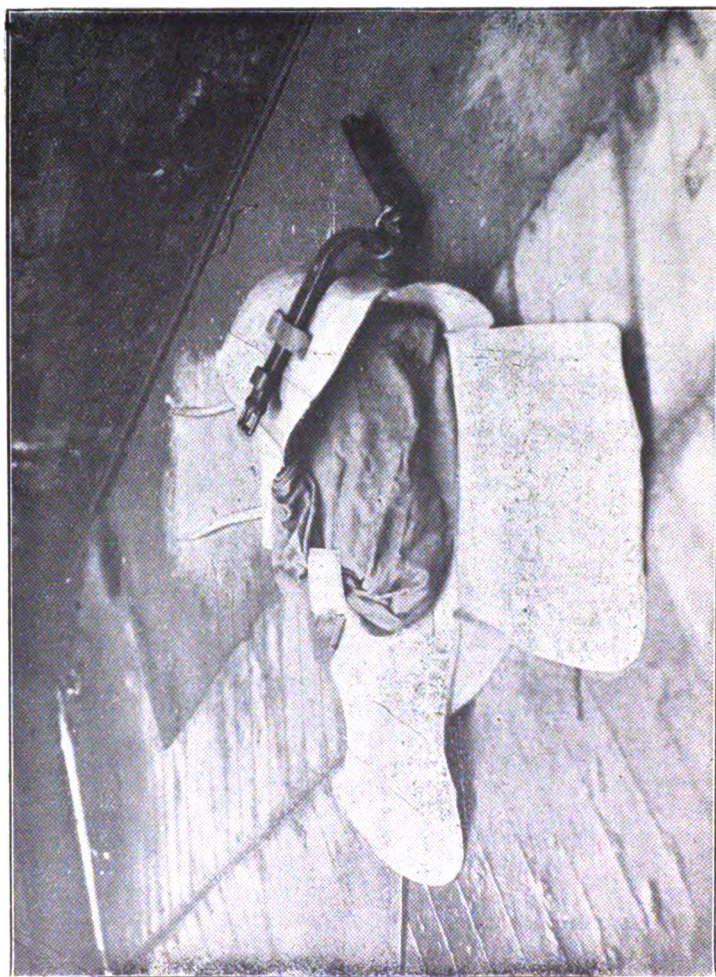


Fig. 16. — Enveloppe ou sac de cuir.

La forte enveloppe de cuir employée pour protéger les sacs à dépêches pendant leur transfert par l'appareil a environ 4 pieds de long sur 4 pieds de large. Les côtés sont assemblés solidement par deux courroies qui encercent l'enveloppe et l'ensemble de l'emballage est fortement maintenu par la grosse courroie centrale au moyen de laquelle la poche est suspendue aux joignes de l'appareil.

à un prix qui viendrait de beaucoup en excès de celui de l'appareil.

Durant la première phase du voyage d'un train-poste de nuit, lorsque le bureau-ambulant fonctionne principalement comme bureau collecteur, ce sont le filet récepteur de la voiture et les appareils de quai qui sont le plus souvent en action, tandis qu'après la première période en question, où le bureau ambulant devient principalement un bureau distributeur, ce sont les leviers de livraison placés sur les voitures et les filets placés sur le côté des voies qui sont le plus utilisés.

Il y a maintenant en Grande-Bretagne 160 points où des sacs de dépêches sont échangés par l'appareil et 200 échanges représentant le transfert d'un poids total de près de 10 tonnes sont effectués toutes les 24 heures.

Description de l'appareil placé le long de la voie. —

L'appareil de quai se compose d'une colonne en fonte dont la partie supérieure est mobile et peut tourner sur un pivot. Le sommet, dont la hauteur totale est d'environ 10 pieds 6 pouces au-dessus du niveau du rail, est muni d'une ou deux pinces à ressort auxquelles est suspendue une enveloppe de cuir ou poche (pouch) contenant les sacs à dépêches (fig. 11 et 16). La colonne est munie d'une échelle et d'une petite plateforme de bois pour permettre au messager de suspendre la poche et de manipuler le mécanisme (fig. 1). L'enlèvement des poches suspendues à la colonne est effectué par le train-poste, à son passage, par le contact d'une corde en forme de V, qui se trouve sur le filet de la voiture, avec les principales courroies des poches, celles-ci étant retirées des pinces à ressort par le mouvement en avant du train, et tombant dans le filet de la voiture après qu'elles ont été ôtées de la colonne (fig. 15).

Le poids d'une simple poche, comprenant celui des sacs qu'elle protège, ne doit pas excéder 50 livres ; mais deux poches peuvent être retirées d'une colonne à deux bras. Trois poches peuvent être suspendues ensemble sur un double système comprenant une colonne à un seul bras placée tout près de celle à deux bras, une plateforme de bois servant pour les deux colonnes. Aux gares où le poids des dépêches à transférer dans le train-poste dépasse la capacité

d'une double colonne, des colonnes supplémentaires sont aménagées, et il est possible, par ce moyen, de suspendre jusqu'à neuf poches qui peuvent être recueillies par le train-poste en une fois. Afin que le filet du train, qui se ferme partiellement à chaque réception de poches, puisse redevenir complètement tendu, les systèmes de doubles colonnes ne doivent pas être disposés à moins de 70 yards les uns des autres.

L'appareil de quai récepteur consiste en un filet d'environ 8 pieds de longueur et 4 pieds de largeur, en forte corde de Manille, attachée à un encadrement fait de traverses de chemin de fer, fixées verticalement dans le sol, et d'un cadre de fer à charnières (fig. 5, 6 et 8). La hauteur des deux cadres est d'environ 4 pieds au-dessus du niveau des rails, et le cadre de fer, lorsqu'il est dans sa position de travail, est tenu écarté du cadre à traverses par une barre transversale en fer. En face de cette barre et entre les cadres, un câble flexible en fil d'acier est tendu (fig. 6 et 9). Le câble est ajusté de façon à s'engager dans la courroie de suspension de la poche attachée au bras de livraison de la voiture, et le contact fait ouvrir le couvercle à ressort du bras, qui laisse ainsi la poche à l'entrée du filet (fig. 10). Le mouvement imprimé à la poche par la progression du train la porte, sous le câble et la barre transversale, dans le filet, le choc étant amorti par la résistance du réseau de mailles.

Chaque appareil de gare est accompagné d'un abri en bois de 5 pieds carrés et d'environ 8 pieds de haut, placé le long de la voie et à quelques mètres de l'appareil. Ce baraquement permet d'emmagasiner les poches vides, les équipements et matériaux de réserve et il sert d'abri au messager pendant qu'il attend l'arrivée du train-poste (fig. 1).

Le point où l'appareil de la voiture doit être mis en action est généralement indiqué par un repère qui se trouve le long de la voie, par exemple un pont sur la ligne de chemin de fer, un mur, un viaduc ; mais là où il n'y a aucun repère convenable, un tableau de 9 pieds sur 3, peint en blanc, servant de signal, est fixé en bordure de la voie, pour guider, les agents travaillant dans le train-poste. Toutefois, lorsque l'appareil se trouve entre deux séries de voies, le point où il faut actionner l'appareil est marqué par un tableau de

12 pieds de long sur 1 pied de large, placé sur le sol. Ces tableaux sont couverts de plaques de fer émaillé pour les rendre plus vite visibles par le personnel ambulant.

Description de l'appareil placé sur la voiture. — L'appareil placé sur la voiture pour recevoir les poches suspendues aux appareils de quai consiste en un filet extérieur, dont le cadre de fer est articulé horizontalement, au centre, et divisé par des charnières en deux parties rectangulaires appelées respectivement le lit et l'aile (fig. 12, 13 et 15). Le bord inférieur du lit du cadre pivote sur une plaque de fer solidement boulonnée et fixée à la partie inférieure de la charpente de la voiture, au niveau du plancher du wagon-poste. Lorsqu'il est tendu pour une manœuvre, le filet est à environ 2 pieds 7 pouces de la paroi extérieure de la voiture, et le point le plus haut de l'aile se trouve à environ 9 pieds 7 pouces au dessus du rail. Ce filet est abaissé et élevé de nouveau par un long levier qui se trouve à l'intérieur de la voiture. Lorsque le filet n'est pas utilisé, il pend plat ou à peu près plat le long de la voiture. Les espaces entre les barres de fer du cadre sont occupés par un réseau de chanvre (mailles de 3 pouces) et de fortes cordes de Manille sont disposées à travers le filet, à certains intervalles, pour le renforcer. Le dernier rang des mailles du filet est, en outre, renforcé, à la partie supérieure, par des chaînes de fer pour résister au choc des poches entrantes (fig. 12 et 15). Par le choc, le cadre du filet vient s'appuyer en partie contre la voiture, et les poches roulent du filet sur le plancher de celle-ci. Le poids du cadre de fer (environ 150 kilos), suffit à remettre le filet, en moins de deux secondes, dans sa position complètement ouverte, permettant ainsi de desservir des appareils supplémentaires se succédant rapidement le long de la voie.

La livraison des poches de cuir du train-poste au filet récepteur placé le long de la voie se fait au moyen de tiges de fer appelées bras de livraison, qui portent des pièces en forme de boîte en fer malléable fermée par un couvercle à ressort. Ces bras sont articulés à l'extrémité inférieure, et, au niveau du plancher de la voiture, à de forts tubes verticaux en fer contenant des ressorts à spirale qui

actionnent les bras (fig. 13 et 14). Les tubes sont fixés à chaque extrémité, sur des supports en fer, encastrés dans les montants de la porte qui sont spécialement renforcés dans ce but.

Les leviers de livraison, dont deux sont montés à chaque porte usitée pour la manœuvre de l'appareil, sont capables de décrire un arc d'environ 150°, de sorte que les extrémités ou têtes peuvent être amenées dans le wagon en vue d'y attacher les sacs (fig. 13). Lorsqu'ils ne sont pas utilisés, les bras demeurent dans une position verticale le long de la partie extérieure de la porte et ils sont maintenus dans cette position droite par la tension des ressorts dans les tubes. Lorsque, cependant, le bras est tourné vers l'extérieur, portant une poche tenue par la pince à ressort à l'extrémité du levier, le poids des poches amène le levier dans une position horizontale et la poche pend en dehors du wagon à environ un pied au dessus du sol à côté de la voie (fig. 9 et 15). Aussitôt après que la poche a été ôtée du bras par le câble métallique du filet placé le long de la voie, le bras, délivré de sa charge, est ramené automatiquement par le ressort à la position verticale ou de repos (fig. 10). Le poids d'une poche avec son contenu destinée à être déposée par le levier de livraison d'un wagon-poste ne doit pas dépasser 60 livres ; mais un train-poste peut livrer jusqu'à vingt poches, en une seule manœuvre, dans un filet de la plus grande dimension placé le long de la voie (fig. 8).

Les correspondances destinées à être transportées par l'appareil sont enfermées dans des sacs à dépêches en toile à voile d'un modèle spécial. Le fond de ces sacs est fabriqué sans qu'il y ait des coins, de manière à pouvoir s'adapter convenablement aux plis de la poche dans laquelle un sac doit être enveloppé. Le sac est marqué d'une ligne noire qui indique la limite de sécurité des objets qui y sont enfermés, car un sac dont le contenu n'est pas trop tassé est moins sujet à se crever sous le choc de l'appareil à échanger les dépêches qu'un sac complètement rempli.

Manœuvre de l'appareil situé le long de la voie. — La manœuvre de l'appareil situé le long de la voie est effectuée par des facteurs, des courriers en voiture et autres, auxquels on fait passer

un examen d'aptitude physique, leurs obligations exigeant, dans la circonstance, à la fois de l'endurance et de la force.

En arrivant au lieu où se trouve l'appareil, l'agent de service prend les enveloppes de cuir nécessaires dans l'abri où elles ont été emmagasinées depuis l'échange précédent et il prépare les sacs à remettre au train-poste (fig. 1 et 7). Les poches ainsi confectionnées sont ensuite suspendues aux pinces à ressort de la colonne située le long de la voie et maintenues dans une position de repos jusqu'au temps approximatif du passage du train-poste (fig. 2). Là où un appareil téléphonique est prévu dans l'abri, l'agent consulte l'employé préposé aux signaux au sujet de la marche du train, et il attend son appel indiquant que le train approche. A la réception de cet avertissement, l'agent fait tourner les sacs de manière à les placer face à la voie où va passer le train-poste, et il relève le cadre mobile du filet placé le long de la voie. Cette dernière manœuvre a pour effet d'ouvrir le filet qui est alors prêt à recevoir les sacs provenant du train (fig. 3). Lorsque la communication avec le signaleur n'est pas possible, la manœuvre des sacs suspendus est effectuée cinq minutes avant le moment où le train-poste est attendu.

L'échange actuel des dépêches est pratiquement instantané, les sacs du train-poste étant détachés des leviers du wagon-poste un moment avant que le filet du wagon se déploie et reçoive les sacs qui pendent aux colonnes situées le long de la voie. Lorsque le train passe à bonne allure l'échange a lieu en moins d'un quart de seconde. Après que le train est passé (fig. 4) les poches sont retirées du filet situé le long de la voie et ouvertes, l'appareil est remis hors de la position de manœuvre, l'abri est fermé à clef et l'agent emmène les sacs de dépêches au bureau de poste ou à la gare.

Manœuvre de l'appareil du wagon-poste. — Dans le train-poste, les agents exercés qui connaissent leur position tout le long du voyage, presque entièrement par le son, particulièrement pendant la nuit, préparent les poches pour la livraison à effectuer par le train et les déposent aux portières auxquelles les bras de livraison sont adaptés. Lorsque le train se trouve à la distance d'un mille, ou à peu près, du point de livraison, on ouvre les portières, qui

glissent dans des creux parallèles à la paroi du wagon-poste, et l'on tourne vers l'intérieur les leviers pour permettre à l'agent de fixer aux pinces à ressort les fortes courroies des poches, un de chaque côté de la portière (fig. 13). Ces poches restent sur le bord du plancher jusqu'au passage du train devant le repère convenu ou le tableau-signal, et c'est après que ces repères ont été aperçus que l'on ouvre le filet du wagon-poste et que l'on fait osciller les leviers de livraison jusqu'à leur position extrême, avec les sacs suspendus et prêts à être lancés dans les filets placés le long de la voie (fig. 15). Il est nécessaire que ces manœuvres soient effectuées rapidement afin de réduire à un minimum le temps durant lequel les parties mobiles de l'appareil du wagon-poste font saillie en dehors des parois de la voiture. Règle générale, l'opération complète, y compris l'ouverture du filet du wagon-poste, l'extension des leviers portant les sacs à livrer et l'échange des sacs avec l'appareil situé le long de la voie est effectuée en 12 secondes, ou même moins.

Précautions de sûreté. — Il est rare que la manœuvre de l'appareil, bien que, le plus souvent, elle soit accomplie la nuit et fréquemment dans les conditions climatiques les plus difficiles, donne lieu à un accident. L'équipement des appareils est maintenu à un haut degré d'efficacité mécanique et beaucoup de précautions sont prises pour assurer la sécurité des agents des postes et du chemin de fer intéressés, aussi bien que des voyageurs.

Partout où c'est possible, des accès spéciaux sont aménagés sur le côté de la voie ferrée, les ponts, talus, passages souterrains, etc., étant utilisés pour permettre aux agents d'arriver à l'appareil sans traverser les lignes (fig. 7). Là où ce n'est pas réalisable, un chemin construit en bois est pratiqué à travers les lignes pour faciliter la marche d'un piéton (fig. 8). Le mécanisme situé le long de la voie peut être actionné à une distance des trains suffisante pour assurer la sécurité.

Les agents des postes, dans le train, courent peu de risque, si tant est qu'il y en ait un, car leur travail s'accomplit à l'intérieur du wagon-poste. On a prévu une forte barre d'acier qui ferme automatiquement la porte en se mettant en travers, pour la protection

des opérateurs et autres personnes se trouvant à la portière ou qui passent devant la portière pendant que celle-ci est ouverte pour la livraison des sacs (fig. 13 et 14).

Une sonnerie électrique qui fonctionne continuellement aussi longtemps que le filet du wagon-poste est déployé avertit les agents ambulants de faire attention à la porte qui est intéressée par le filet.

Les agents du chemin de fer employés sur les trains sont familiarisés avec la position et l'utilisation des appareils et ils sont habitués à prendre garde aux sacs suspendus aux appareils devant lesquels ils passent pendant le trajet. Pendant le jour, les endroits où se trouvent ces appareils sont faciles à voir lorsque le train approche. Pendant la nuit, néanmoins, les sacs ne sont pas visibles à une certaine distance, et c'est pourquoi chaque colonne à laquelle des sacs doivent être suspendus dans l'obscurité est munie d'une lumière blanche servant d'avertisseur visible seulement dans la direction des trains arrivants et qui est un signal de sécurité pour les mécaniciens et autres personnes qui travaillent dans les trains (fig. 3). Cette lumière, qui est contrôlée par l'agent de service à l'appareil situé le long de la voie a pour but d'indiquer que des sacs sont suspendus. Comme sécurité supplémentaire, une communication téléphonique ou un signal électrique est prévu entre les abris des agents et les boîtes de signaux voisines placées sur les sections des lignes de chemins de fer où il y a un plus grand trafic. De cette manière, l'agent signaleur est à même d'informer l'agent des postes de l'arrivée prochaine du train-poste et les sacs qui attendent pour l'échange sont mis de côté jusqu'au dernier moment, ce qui permet d'éviter tout risque de contact avec d'autres trains.

L'appareil du wagon-poste ne doit jamais être placé dans la position de travail lorsque le train passe dans une gare de chemin de fer. Il n'y a donc aucun risque d'accident de personnes dans les gares. Un espace suffisamment grand est nécessaire sur le côté de la voie, tout le long du parcours, pendant que l'appareil est dans la position de travail, et l'appareil placé le long de la voie doit être fixé à une distance qui ne soit pas inférieure à 300 yards d'une plateforme de gare.

LES MOYENS MÉCANIQUES DE TRANSPORT

utilisés au bureau de chèques postaux de Leipzig,

par P. HEILBRON, de Berlin. (1)

L'emploi de moyens mécaniques de transport pour le trafic à l'intérieur d'un immeuble est surtout avantageux aux points de vue économique et technique, là où les objets à transporter sont assez nombreux pour alimenter un service ininterrompu des installations de transport, sont de dimensions uniformes, ont un sens de cheminement déterminé, et doivent être transportés rapidement à destination.

Le trafic intérieur d'un bureau de chèques postaux répond bien à ces conditions et se prête, par conséquent, à une application des moyens mécaniques de transport. Le service des chèques postaux prend de mois en mois une importance de plus en plus grande et est par suite une garantie d'une exploitation permanente. On peut se faire une idée des moyens de transport exigés par un bureau de chèques postaux en jetant un coup d'œil sur une statistique de leurs opérations ; on verra qu'à Leipzig, par exemple, il s'y effectue journellement environ 200.000 opérations diverses. On transporte mécaniquement les formules de chèques et les copies de comptes, pour lesquelles les règlements prescrivent des dimensions déterminées. Pour le transport des chèques à l'intérieur du bureau, on doit disposer forcément de deux voies peu écartées l'une de l'autre, suivant qu'il s'agit de chèques de paiement ou de chèques de virement : le chèque payable en espèces va du guichet de dépôt aux divers services de comptes courants, et de là aux guichets de paiement. Les mandats de versement ou les chèques de virement parvenant au bureau de chèques par la voie postale sont transportés ensuite du

1. Traduction d'un article publié dans *E. T. Z.* : 1928, p. 793.

service de répartition jusqu'aux services chargés de tenir les comptes courants ; de là, ils vont dans un service de récolement chargé d'aviser les clients des opérations inscrites journellement à leur compte. Il saute aux yeux qu'il y a tout intérêt à effectuer toutes ces opérations avec la plus grande célérité, surtout lorsqu'il s'agit de paiements en espèces et à vue dont les bénéficiaires attendent l'encaissement au bureau de chèques même.

Le nouvel édifice qui devait abriter le bureau de chèques postaux de Leipzig offrit l'occasion d'un essai, sur une large échelle, de la mécanisation du trafic d'un service à un autre, en même temps qu'il permettait de faire l'essai pratique de l'électroposte pour bureaux de chèques, construite et installée par la maison Mix et Genest. Pour tirer le meilleur fruit de ces essais, on les a fait porter sur la partie du service des chèques où les opérations doivent être traitées le plus rapidement possible : les paiements de chèques à vue. Les installations mécaniques de transport du bureau de Leipzig ont été conçues et exécutées en tenant compte de ce dernier point de vue. Du résultat donné par ces essais, dépendra, le cas échéant, un développement ultérieur de l'installation actuelle, en vue de l'étendre à l'ensemble des services de ce bureau.

Voici quelle est, au nouveau bureau de chèques postaux de Leipzig, la disposition des divers services. Au rez-de-chaussée, se trouve la salle d'attente du public, dans laquelle sont installés les guichets de présentation des chèques et les guichets de paiement. Le premier et le second étages sont occupés par les salles où l'on tient les comptes courants et, en particulier, se trouve au premier étage la salle où l'on tient les comptes des clients qui font un grand usage des chèques à vue. Au même étage, se trouve aussi le service de répartition des chèques, que l'on peut considérer comme la gare centrale de l'installation mécanique. C'est ici aussi le point de départ et d'arrivée des trois sortes d'installations de transport qui desservent l'ensemble des services des paiements à vue, à savoir :

1. une petite installation d'électroposte entre les guichets de dépôt et le service de répartition ;
2. une grande installation d'électroposte entre le service de répartition et les services des comptes courants ;

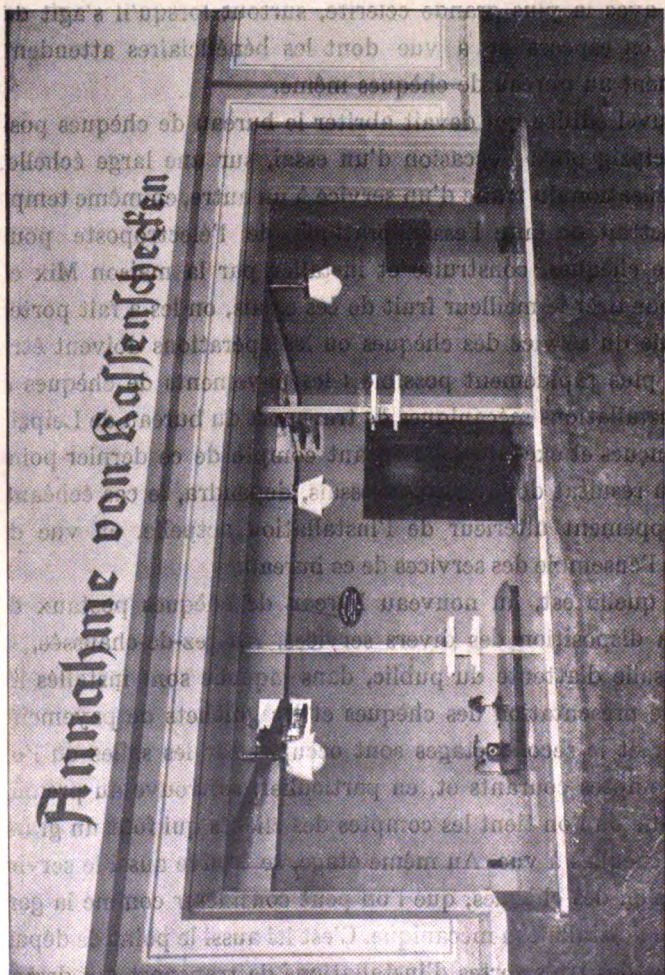


Fig. 1. — Guichet de dépôt avec ascenseurs d'expédition

3. une bande porteuse répartitrice entre le service de répartition et les guichets de payement.

1. La petite installation d'électroposte entre le service de dépôt des chèques et le service de répartition sert à transporter les formules de chèques déposées par le public aux guichets du rez-de-chaussée, jusqu'aux premier et second étages, d'où elles poursuivront leur parcours jusqu'aux services chargés de les répartir entre les services compétents. Elle comprend un rail décrivant un circuit fermé courant le long du plafond du rez-de-chaussée, deux wagonnets électropostaux, deux ascenseurs d'expédition placés au voisinage des guichets de dépôt, et deux ascenseurs de réception. Le parcours de la voie est visible sur la figure 3, sur laquelle sont indiqués, dans la partie supérieure de la boucle de droite les ascenseurs d'expédition, et dans la partie inférieure les ascenseur. de réception. Les ascenseurs d'expédition comprennent deux cases, dont le fond a 25 centimètres sur 12 (voy. fig. 1) ; l'une de ces cases sert aux envois destinés au premier étage ; l'autre, à ceux qui sont destinés au second étage. De même, les wagonnets sont équipés avec deux cases placées au dessus l'une de l'autre. Dans leur position de repos, les deux ascenseurs de réception se trouvent au niveau du rail porteur, et ils sont installés de telle manière que l'un monte jusqu'au premier étage seulement et l'autre jusqu'au deuxième, pour y déposer leurs envois respectifs.

Le fonctionnement s'effectue de la manière suivante. Les chèques déposés au guichet, étant triés selon l'étage de destination, sont placés dans les cases respectives d'un ascenseur d'expédition. En appuyant sur un bouton de commande, on provoque la mise en marche de l'installation. Le wagonnet en attente de chargement se met en mouvement sur la voie libre. Si un wagonnet est déjà en route avec un chargement, celui qui le suit attend que le précédent soit assez loin, pour ne se remettre en route que dès que la voie est libérée. En approchant de l'ascenseur chargé, il ferme un contact qui fait démarrer le moteur de l'ascenseur, obligeant ainsi ce dernier à poursuivre son ascension, de manière à venir se placer sur la voie. Au moment où il croise la cage de l'ascenseur, le wagonnet prend

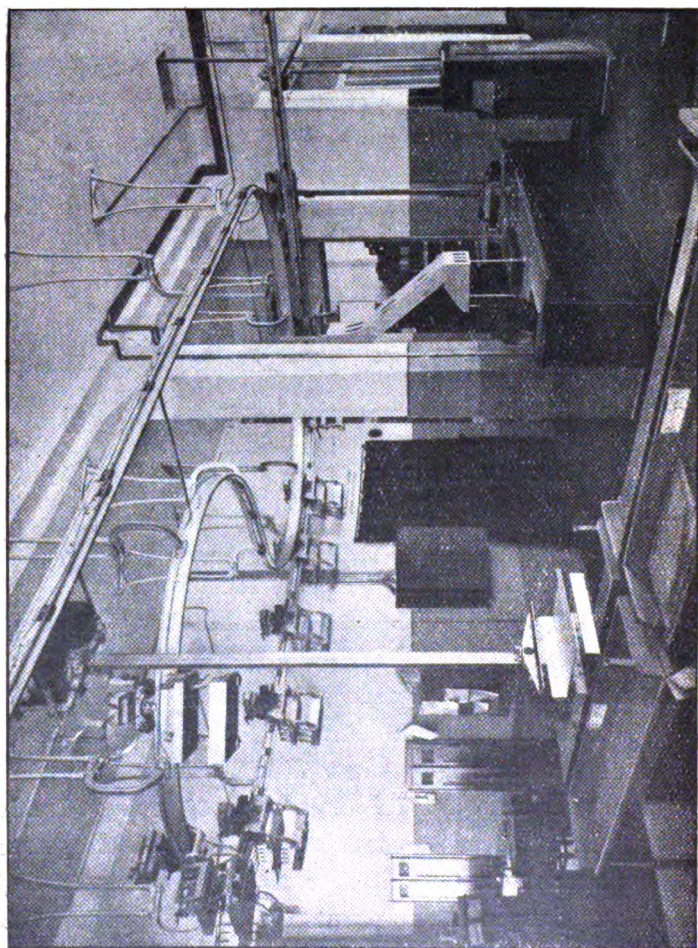


Fig. 2 — Centrale de l'électroposte, avec gare installée dans le service de réparation du 1^{er} étage.

livraison des chèques qui y sont déposés et les transporte jusqu'aux deux ascenseurs d'étage qu'il rencontre sur son chemin. Chacun des ascenseurs de réception vide alors de son contenu la case du wagonnet qui lui est affectée et, aussitôt que le wagonnet, continuant sa course, a fermé un contact électrique, l'un des ascenseurs monte au premier étage et l'autre au deuxième, où tous deux déversent automatiquement leur chargement respectif ; après quoi ils retournent à leur position initiale.

La figure 2 représente le poste de réception du premier étage. Ce poste se trouve du côté droit de la figure, dans le revêtement en bois qui embrasse également le tube-guide de l'ascenseur conduisant au deuxième étage.

Pendant ce temps, le wagonnet continue sa route et, dès qu'il est parvenu un peu en avant des guichets de dépôt, il s'arrête et reste prêt à recevoir de nouveaux chargements. Si l'un des wagonnets est en route, le deuxième peut être mis en marche de la même façon que le premier. La voie de circulation est subdivisée en sections de blocage, afin d'éviter les tamponnements entre les deux wagonnets. Il existe en outre un ascenseur spécial destiné à relier directement entre eux le premier et le second étages.

2. Une installation d'électroposte plus importante existe au premier étage entre le service de répartition des chèques et celui des comptes-courants. Elle comprend, en dehors de la centrale placée près du service de répartition et disposant de deux ascenseurs d'expédition, dix-huit sous-stations placées auprès des diverses tables de travail, sur lesquelles sont apportés les comptes et elle est desservie par quinze wagonnets électropostaux. Pour déterminer la destination à donner aux wagonnets, on utilise une plaque munie de boutons poussoirs installée près de la centrale et dont chaque bouton est spécialement affecté à une station déterminée. Les sous-stations n'ayant à faire des expéditions que vers la centrale sont dotées d'un seul bouton poussoir. La figure 3 permet de se rendre compte de la disposition de la voie et de l'emplacement des stations. La voie décrit, en avant de la centrale, une grande boucle qui sert de gare aux wagonnets. Dans la partie supérieure gauche de la

figure 2, on peut voir cette gare, avec des wagons en attente de chargement. Les wagonnets possèdent, comme les ascenseurs, une case d'expédition et une case de réception ou case collectrice. Les envois destinés à la centrale sont enlevés des cases collectrices des wagonnets par un extracteur qui les fait passer dans la glissoire de réception. Celle-ci est visible sur la figure 2, à droite de la colonne du milieu.

L'installation fonctionne de la manière suivante. Les chèques qui parviennent à la centrale en provenance des guichets de dépôt ou d'autres services sont déposés dans la case d'expédition de l'un des deux ascenseurs centraux, et, sur la plaque de commande, on presse le bouton correspondant à la station à laquelle l'envoi est destiné. On met ainsi l'ascenseur en mouvement et l'on règle sur la station destinatrice un mécanisme sélecteur porté par le rail. Dès que la cage de l'ascenseur arrive au niveau de la voie, le premier wagonnet disponible s'approche ; il est alors réglé pour la station destinatrice par le mécanisme sélecteur, et en passant devant l'ascenseur il s'empare de la charge de ce dernier. Pendant que l'ascenseur d'expédition retourne à sa position de repos, le wagonnet poursuit sa route et passe devant tous les postes récepteurs, pour ne s'arrêter qu'à la station sur laquelle il a été préalablement réglé. Arrivé là, il commande la montée de l'ascenseur de station, laisse glisser son chargement dans la case de réception dudit ascenseur, et continue son chemin jusqu'à la boucle servant de gare, où il se met à la queue des autres wagonnets en attente de chargement. L'espace à parcourir est subdivisé en sections de blocage, telles que les wagonnets simultanément en course soient toujours suffisamment éloignés les uns des autres. Si, après exécution des travaux d'écriture qu'ils nécessitent, les chèques doivent être renvoyés à la centrale, la dame-employée les dépose dans la case d'expédition de l'ascenseur de station et presse sur le bouton poussoir. Ceci a pour effet que le premier des wagonnets qui passera devant la station commandera la montée de l'ascenseur de cette station et qu'il y prendra au passage les documents déposés par l'employée pour les emporter dans sa case collectrice. Dès que les ascenseurs sont vidés de leur contenu, ils retournent automatiquement à leur position de

repos. Afin que, dans les sous-stations, les expéditions vers la centrale puissent se faire sans subir de longues attentes, quand le mouvement du trafic sur la voie est faible, il a été prévu le dispositif suivant. Aussitôt qu'un wagonnet a dépassé la septième station et quand le hasard du trafic est tel que ce wagonnet n'est pas suivi par un autre, le premier des wagonnets en attente se met en route de soi-même et recueille sur sa route les documents à transporter.

Dans la soirée, le service des comptes courants est tenu d'adresser en un temps limité à la centrale un grand nombre de pièces de comptabilité confectionnées en liasses volumineuses. Afin d'éviter de surcharger par de tels envois les cases collectrices des wagonnets, il a été installé à la centrale un commutateur spécial dont la manœuvre a pour effet que chaque wagonnet ne puisse faire monter et décharger que deux ascenseurs de station. La figure 4 représente une partie de l'électroposte en fonctionnement ; le wagonnet que la centrale a réglé sur la station occupant le premier plan de la figure a déjà commandé la montée de l'ascenseur de station et est sur le point de vider de son contenu la case de l'ascenseur.

3. La bande porteuse répartitrice est destinée à desservir la troisième partie du parcours imposé aux formules de chèques payables à vue. Elle met la centrale en relation avec les onze guichets de paiement auxquels les chèques sont respectivement adressés par le service de répartition. Près de la centrale (voy. fig. 3), se trouve le transmetteur central de la bande transporteuse, lequel est construit pour desservir onze directions. Il est placé à l'intérieur d'une table comportant le mécanisme d'entraînement de la bande et l'organe chargé d'opérer la sélection des stations. On peut voir ces deux organes sur la figure 2. La bande, qui chemine dans un conduit ouvert de 12 centimètres de largeur, descend du transmetteur jusqu'au niveau des tables du rez-de-chaussée, et là elle effectue son chemin à l'aller en passant directement sous le tablier des guichets où se tiennent les divers agents chargés de verser aux clients qui attendent devant eux le montant des chèques déposés pour encaissement quelques instants auparavant (voy. fig. 3). A l'extrémité de la rangée des guichets, est déposée une corbeille destinée à recueillir

les envois mal dirigés. La présence d'un objet mal dirigé est annoncée par un signal sonore, de sorte que l'employé assis près de la corbeille peut ramasser le pli en question et le diriger sur le service auquel il est effectivement destiné. La bande revient à 15 centimètres au dessus du plancher et parallèlement au trajet d'aller.

A la centrale, les chèques bons à payer sont placés dans les diverses cases d'expédition, fermées par un volet qui s'appuie contre

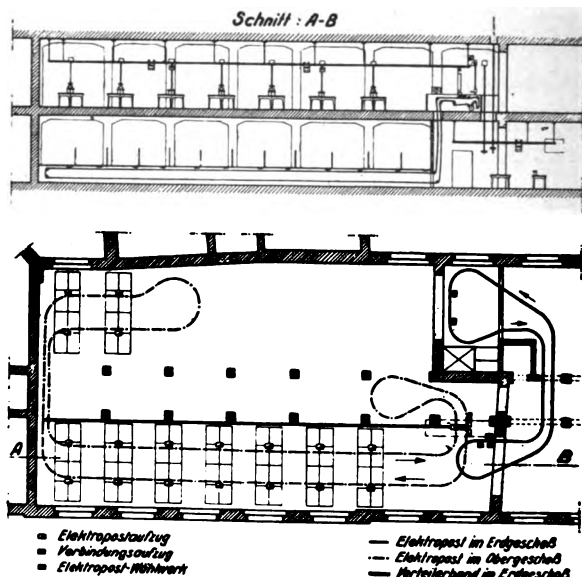


Fig. 3. — Organisation d'ensemble des installations mécaniques de transport.

la bande circulant au dessus des cases. Le mécanisme sélecteur placé sur la table d'expédition, et qui est solidaire de l'organe de propulsion de la bande dont le mouvement détermine évidemment la vitesse de déplacement de cette dernière, ferme suivant un ordre défini une série de contacts, opération dont le résultat se traduit par l'ouverture des volets d'expédition selon une certaine cadence. De cette manière, les chèques déposés dans les diverses cases tombent respectivement sur une section bien délimitée de la bande porteuse. Une seconde série de contacts du sélecteur est destinée précisément à actionner, les uns après les autres et suivant la cadence primitive,

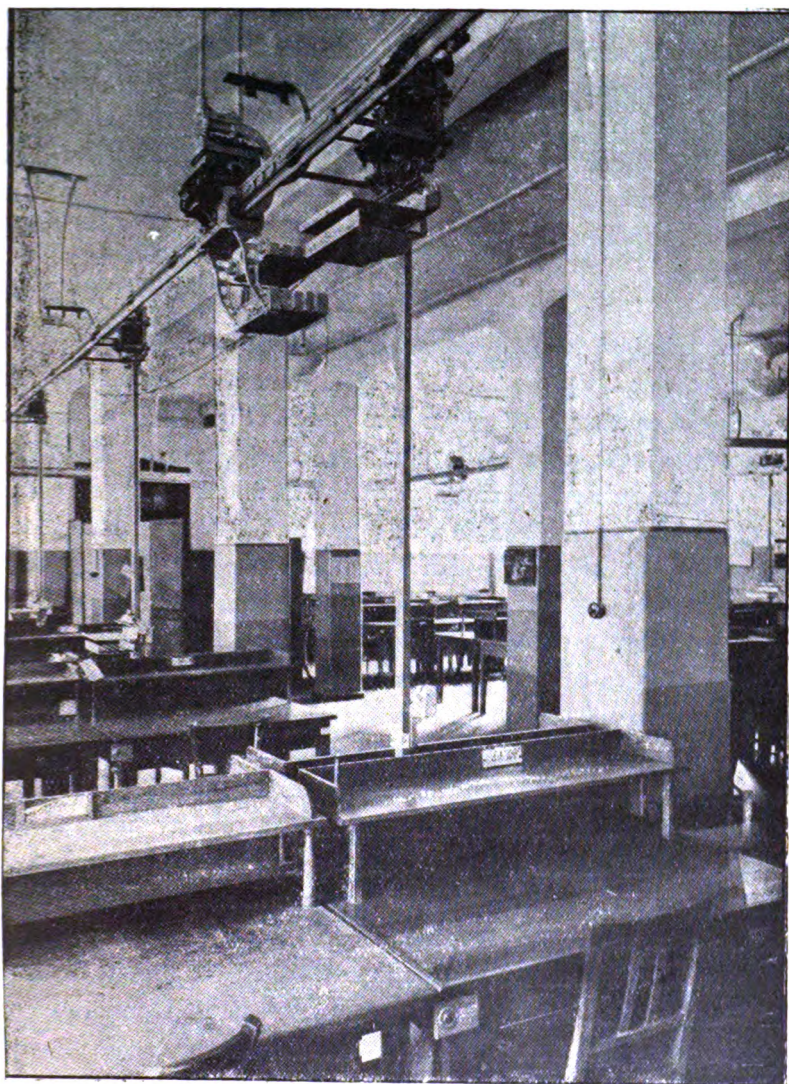


Fig. 4. — Vue partielle de la grande installation d'électroposte
avec ascenseur et wagonnets.

les électro-aimants des postes récepteurs respectifs, qui sont ainsi réglés sur position de réception au moment précis où passe devant le poste destinataire la section de bande transportant les documents qui leur sont spécialement destinés. On distribue de cette manière, avec la plus grande exactitude, les documents aux postes à qui ils sont effectivement destinés. Lorsque, les opérations terminées, on veut renvoyer les chèques à la centrale, on les dépose sur la partie de la bande qui s'en retourne, et qui est accessible par des ouvertures pratiquées dans les guichets. La bande emporte alors les envois vers la centrale, où elle les laisse glisser dans la corbeille collectrice.

Le principal avantage du système de transport décrit ci-dessus réside en ce qu'il permet de faire suivre aux chèques un parcours régulier et continu d'un service vers l'autre et qu'il supprime ainsi les attentes inutiles que ces documents ne manqueraient pas de subir après traitement par les divers services s'ils devaient être recueillis et distribués par des boulistes. Le parcours imposé s'effectue beaucoup plus rapidement que dans le cas du transport par boulistes. Avec les transporteurs mécaniques, un envoi met environ 6 minutes pour parcourir le trajet réglementaire complet, des guichets de dépôt au service des comptes courants et aux guichets de paiement, trajet qui mesure environ 200 mètres de longueur. On ne saurait atteindre une telle rapidité en employant des boulistes, étant donné surtout que les services sont installés à des étages différents. On ne doit pas perdre de vue également qu'il y a tout avantage à voir disparaître les boulistes des salles de comptabilité et de manipulation des espèces, car le service y gagne de pouvoir être effectué en silence et avec une plus grande sécurité.

A la question des avantages pécuniaires offerts par l'installation de transport mécanique de Leipzig, on ne saurait répondre avant qu'elle ait reçu la sanction d'une expérience plus prolongée. Pour le moment, il est seulement possible d'évaluer le nombre de boulistes ainsi économisés et le montant des dépenses courantes nécessitées par le fonctionnement de l'installation. L'entretien des appareils et le remplacement des pièces usagées exigent approximativement

une dépense annuelle de 1000 marcs. En prenant pour base 15 pfennigs comme prix unitaire du courant, on obtient, pour une consommation journalière de 6 kilowatts-heure, une dépense en électricité d'environ 300 marcs par an. L'entretien, assuré par un mécanicien détaché, en cas de besoin, d'un autre bureau, peut être calculé au taux d'une demi-unité d'ouvrier et évalué à une dépense annuelle de 750 marcs. On trouve donc 2050 marcs comme dépense totale annuelle. L'installation mécanique permettant, d'autre part, de supprimer 8 à 10 boulistes, on se rend compte de l'économie réalisée par un tel système et combien il garantit amplement l'amortissement du capital investi.

REVUE DES PÉRIODIQUES.

L'exploitation téléphonique transatlantique (WERNEKKE, *Verkehrs- und Betriebswissenschaft*, 10 novembre 1928) (extraits). — A l'origine, le service téléphonique transatlantique ne fonctionnait que pendant quatre heures et demie par jour ; mais on peut maintenant téléphoner entre Londres et New York de 7^h30 à 18^h, temps local de New York, ce qui correspond, pour Londres à l'intervalle de temps compris entre 12^h30 et 23^h.

Le trafic transatlantique est dirigé, aux deux extrémités, par les bureaux interurbains de Londres et New York, qui disposent de circuits vers Rocky Point et Houlton du côté américain, vers Rugby et Cupar du côté britannique. Des dispositifs spéciaux servent à assurer la liaison entre la voie métallique et la voie sans fil, et leur manœuvre se fait le plus rapidement possible, de manière que la conversation puisse s'engager sans la moindre perte de temps. L'appel de Londres et de New York se fait absolument de la même façon que s'il s'agissait d'une communication interurbaine du régime intérieur. Dans le cas de communications s'étendant en deçà de Londres ou au delà de New York, on prépare d'abord les liaisons des divers circuits métalliques à emprunter et l'on termine par le couplage radio-électrique des deux sections extrêmes.

Le service téléphonique transatlantique est assuré à Londres et New York par deux agents ; mais la substitution de la voie sans fil à la voie par fil, qui se fait en trois points, nécessite une série d'opérations rapides qui demanderont l'intervention de 35 à 40 agents d'exécution, le jour où le trafic aura atteint l'intensité escomptée.

Pendant la première année d'exploitation, il a été établi, entre Londres et New York comme aussi entre les villes situées au delà qui empruntaient ce parcours, un peu plus de 2.300 communications. Le samedi, le dimanche et les jours fériés, le trafic est généralement faible ; ces jours-là étant compris dans les statistiques, on arrive donc

à une moyenne quotidienne de sept conversations. Le nombre des demandes de communication de provenance américaine est légèrement supérieur à celui des demandes de provenance européenne, soit 55 contre 45 %. Même de ce côté-ci de l'Atlantique, ce sont surtout des Américains qui demandent à communiquer avec leurs compatriotes. Au cours des deux premiers mois qui suivirent l'inauguration du service transatlantique, c'est-à-dire janvier et février 1927, on pût compter environ 500 demandes de communication, parmi lesquelles certaines furent des conversations de pure forme destinées à célébrer l'inauguration du service, et d'autres furent provoquées surtout par l'attrait de la nouveauté. Par la suite, le trafic diminua d'intensité, et, pendant les mois d'été, le nombre des conversations fut moitié moindre que pendant les deux premiers mois de l'année. Cela est dû en partie à la stagnation des affaires pendant la période estivale, mais également à ce fait que les perturbations atmosphériques sont alors beaucoup plus violentes et rendent les conversations plus difficiles. Dans l'ensemble, les troubles atmosphériques ont été cependant bien moins gênants qu'il y avait lieu de le craindre. En septembre, le trafic augmenta de nouveau. Le jour de Noël, on compta 44 communications. D'après ces chiffres, on se rend compte que le service transatlantique n'est pas utilisé exclusivement pour traiter des affaires ; cette catégorie de conversations ne forme même pas la majorité, et l'on peut constater, d'autre part, que, dans cette catégorie, ce sont les conversations relatives à des affaires de banque ou de bourse qui dominent en nombre. Il arrive fréquemment que, d'Amérique, des communications soient demandées avec des personnalités marquantes, des hommes politiques et des ministres séjournant en Europe ; il s'agit de satisfaire un certain besoin d'ostentation que l'on ne croit pas payer trop cher. Qu'est-ce, en effet, que 1800 francs à payer pour une conversation téléphonique, à côté du plaisir éprouvé quand on peut dire qu'on a causé par delà l'Atlantique à telle ou telle personnalité bien connue. Si démocrates que soient les Américains par certains côtés, ils ne savent pas toujours résister à l'ardent désir de se mettre en avant et de pouvoir se vanter d'avoir des relations avec des personnes éminentes. Il arrive fréquemment que des offres de communications gratuites sont faites d'Amérique

à des correspondants européens, pour inciter ces derniers à faire ensuite de la réclame en faveur du nouveau mode de communication transatlantique.

La netteté obtenue à la réception est généralement meilleure maintenant que lors des essais préliminaires. La voie sans fil est soigneusement surveillée et l'on ne donne de communications que si l'on a la certitude qu'elles peuvent avoir lieu dans des conditions satisfaisantes. Pendant deux heures par jour, en moyenne, l'été, il fut impossible de comprendre les paroles du correspondant ; mais, en dehors de ces moments, les perturbations de ce genre furent très faibles.

Le nombre d'appels en instance fut toujours assez réduit pour permettre l'établissement d'une communication presque aussitôt que la demande en était formulée. Il n'en sera sans doute pas toujours ainsi quand le service aura pris l'extension qu'on en attend.

Quelques difficultés s'élevèrent, dans les débuts, par suite du langage parlé aux deux extrémités de la liaison téléphonique. Les employés, à Londres et à New York, il est vrai parlent tous anglais ; mais il existe une grande différence entre l'anglais parlé en Angleterre et l'anglais parlé en Amérique et l'on n'était pas loin de penser à Londres que l'anglais, même imparfait, parlé par un téléphoniste hollandais est parfois plus facile à comprendre que l'anglais de New-York.

L'exploitation du service téléphonique transatlantique se fait à présent sans difficulté. Son développement suit un cours conforme aux prévisions qu'on a fondées sur la manière dont a progressé en Amérique même le trafic téléphonique à grande distance. Il s'écoulera encore du temps avant que le public ne renonce aux vieilles habitudes de correspondre par télégraphe pour ne plus traiter que de vive voix par téléphone les affaires auxquelles il s'intéresse. Il est vrai que certains craignent aussi que leurs conversations confiées aux ondes hertziennes ne soient captées par des oreilles indiscretes ; mais des dispositifs spéciaux sont à l'étude pour supprimer cet inconvénient.

Le V^e salon de la télégraphie sans fil (J.-B. GALLÉ, *La Technique moderne*, 1^{er} décembre 1928) (extraits). — *Télépho-*

lographie. — Nous allons bientôt avoir couramment la radio-diffusion d'images, et c'est là le dernier perfectionnement apporté aux récepteurs de T.S.F.. Il suffira, en effet, de compléter ce récepteur par un amplificateur à courant continu et un enregistreur convenable, pour recevoir chez soi la photographie des divers événements de la journée.

Pour cela, deux procédés sont utilisés : le procédé Belin ou béli-nographe, et le procédé S.F.R. ou sférographe. Dans ces deux procédés, la photographie à transmettre est enroulée sur un cylindre. Ce cylindre est animé d'un mouvement hélicoïdal à très faible pas, et le sujet est décomposé en une spirale très serrée, qui est reproduite sur un cylindre synchrone à l'arrivée. Dans les deux cas, la réception se fait sur une feuille de papier imbibée d'une solution décomposable par le passage du courant électrique (iodure de potassium ou ferrocyanure de potassium, par exemple). Le papier, incolore tout d'abord, est d'autant plus teinté que le courant a été plus intense. Il s'agit donc de moduler ce courant au départ.

Système Belin. — Le cylindre émetteur porte le négatif de la photographie à transmettre. Il est éclairé en un point par un faisceau lumineux très intense, coupé à fréquence musicale. La tache lumineuse ainsi produite est explorée par un microscope, qui renvoie la lumière diffusée par le point de la photographie sur une cellule photoélectrique qui traduit en courant les impressions lumineuses qu'elle reçoit.

Système S.F.R.. — Ici, le procédé est électro-mécanique : on tire le cliché à transmettre en genre typographique, mais avec une seule trame, et on l'enroule sur le cylindre d'émission de telle sorte que la trame soit parallèle aux génératrices du cylindre.

Ce cliché sur cuivre est composé de parties isolantes ou conductrices selon les teintes de la photographie. Il est exploré par un style conducteur, et le temps que met le style pour parcourir l'intervalle de deux trames est égal à la constante de temps du circuit de grille de la première lampe de l'amplificateur. Si cet intervalle est entièrement isolant, aucun courant ne passera, et nous recevrons un blanc. Si cet intervalle est entièrement conducteur, la grille se chargera complètement, et nous recevrons un noir. Si l'intervalle est mi-con-

ducteur, mi-isolant, la grille se chargera à moitié, et nous aurons une demi-teinte, etc...

Nous voyons tout de suite que ce dernier procédé est d'un usage beaucoup plus restreint que le dispositif Belin. Il nous a semblé d'ailleurs beaucoup moins souple.

Les dispositifs de synchronisation sont bien connus : le cylindre récepteur tourne légèrement plus vite que le cylindre émetteur ; mais il s'arrête à chaque tour et est remis en route par un top de synchronisation.

Le dispositif Belin prévoit le cas où émetteur et récepteur sont branchés sur le même réseau de lumière ; il suffit alors d'entraîner chaque ensemble par une simple roue phonique.

Voici donc fait le premier pas vers la radio-vision ; les autres seront-ils rapides ?

Lampes. — Des nouveautés très intéressantes viennent d'apparaître, à la dernière heure pourrions-nous dire, et vont, sans aucun doute, modifier totalement la construction des postes de T.S.F., en la simplifiant sous bien des rapports.

Ce sont les lampes dites à oxyde dont nous voulons parler. Elles tirent leur nom du fait que l'émission électronique a lieu à basse température, grâce à un revêtement d'oxyde de baryum autour du filament, qui fonctionne au rouge sombre. L'usage de tels filaments permet d'obtenir des pentes extrêmement importantes. Un type de lampe de puissance, fonctionnant directement sur le secteur, est le type à chauffage indirect de la cathode. Voici le principe de ce dispositif : Le filament ordinaire est remplacé par une baguette de stéatite, corps réfractaire isolant. Cette baguette est percée de deux petits trous, traversés par un gros filament parcouru par un courant alternatif de 1^A,75 sous la tension de 2^V,5. Cette baguette est ainsi portée au rouge sombre. Elle est gainée d'un petit cylindre de nickel qui constitue la cathode et qui est recouvert de la couche d'oxyde chargée d'assurer l'émission électronique. Le gros volant thermique de la stéatite assure l'absence totale de gonflement et, de plus, la rigidité du dispositif de cathode permet d'en rapprocher la grille, ce qui a pour but d'augmenter beaucoup le coefficient d'amplification sans augmenter trop la résistance interne. Aussi croyons-

nous que de telles lampes nous ménagent d'heureuses surprises.

Enfin nous avons vu apparaître également le premier modèle de lampe à grille-écran fabriqué en France. Une telle lampe a un énorme coefficient d'amplification, compris entre 100 et 200 ; nous pensons qu'elle est appelée à un grand avenir, constituant à elle seule tout un amplificateur à haute ou moyenne fréquence. Nous pensons même que son montage avec cathode à chauffage indirect permettra d'accroître davantage encore son coefficient d'amplification.

L'apparition de toutes ces lampes va permettre de réduire considérablement le nombre d'étages des récepteurs, à 4 ou 5 au plus. Mais, pour tirer parti de ces énormes amplifications élémentaires, des soins minutieux, inconnus jusqu'à ce jour, vont être nécessaires, et la construction des postes de T.S.F., sera de plus en plus réservée aux spécialistes et aux techniciens très entraînés. En particulier, l'usage des lampes à grille-écran va nécessiter la mise au point de bobinages spéciaux, de blindages électrostatiques et magnétiques convenablement étudiés, de selfs de choc nombreuses, enfin de toute une technique nouvelle.

INFORMATIONS.

Extension des relations téléphoniques entre la France et l'Amérique. — La faculté d'échanger des conversations téléphoniques avec les Etats-Unis d'Amérique, l'île de Cuba, le Canada et le Mexique, avait été jusqu'ici limitée, à titre d'essai, au seul réseau de Paris. En présence des résultats obtenus et à la suite d'expériences satisfaisantes, cette faculté a été récemment étendue aux principaux réseaux de province, et notamment aux réseaux suivants de la région parisienne : Beauvais, Boulogne-sur-Seine, Chantilly, Chartres, Clermont, Compiègne, Dreux, Enghien-les-Bains, Fontainebleau, Maisons-Laffitte, Melun, Rambouillet, Neuilly-sur-Seine, Saint-Cloud, Saint-Germain-en-Laye, Senlis, Versailles.

Les nouvelles relations sont admises dans les mêmes conditions et moyennant les mêmes taxes que celles qui sont déjà applicables au réseau de Paris.

Nouveau câble de la Western Union entre New-York et les Açores. — On a terminé récemment la pose du nouveau câble reliant les îles Açores à Terre-Neuve et appartenant à la Western Union. Il sert à établir des communications directes, grâce à des relais automatiques installés à Horta (Açores) et à Bay Roberts (Terre-Neuve), entre les États-Unis d'Amérique d'une part, et l'Allemagne, l'Italie et l'Afrique d'autre part. La distance entre Bay-Roberts et Horta est de 2500 kilomètres. Ce câble, établi en tenant compte des derniers progrès de la technique, et qui permet de réaliser la plus grande vitesse de transmission obtenue jusqu'à ce jour, porte à dix le nombre des câbles traversant l'Atlantique nord. Grâce à l'application d'une invention due à un ingénieur des laboratoires de la Western Union et désignée sous le nom de « tapered loading » (charge à l'aide d'un ruban métallique spécial enroulé

autour du câble), on peut exploiter ce câble en duplex et transmettre simultanément dix télégrammes (cinq dans chaque sens). Ce résultat est dû également à l'emploi d'appareils de transmission et de réception utilisant les créations les plus récentes de la technique.

Le développement incessant et incomparable, subi par le trafic télégraphique entre les États-Unis et les diverses contrées de l'Europe et de l'Afrique, avait rendu nécessaire la pose de ce nouveau câble, bien que la Western Union eût déjà fait poser, au cours des quatre dernières années, deux autres câbles transatlantiques à ruban de permalloy dont la vitesse de transmission est de 1500 à 2500 lettres à la minute. Depuis 1914, le trafic des câbles sous-marins a plus que doublé. D'après ses propres statistiques, la Western Union aurait, à elle seule, transmis environ 93 millions de mots en 1927, contre 38 millions en 1913.

Le nouveau câble a été fabriqué à Londres par la Telegraph construction and maintenance company, et il a été posé par le navire câblier « Dominia » appartenant à la même société. Après avoir pris à bord le câble tout entier, le navire quitta Londres le 9 août à destination des Açores. Il est bon de signaler qu'au lieu d'utiliser le permalloy pour réaliser la charge continue du câble, on s'est servi de préférence d'un alliage similaire, le mumétal, composé de nickel et de fer. Un mince fil de mumétal est enroulé en hélice autour du conducteur de cuivre, le long du câble, ce qui a pour effet d'augmenter l'inductance propre de ce dernier et par conséquent sa vitesse de transmission. La caractéristique du « tapered loading » consiste dans ce fait, que la charge du câble est plus faible vers les extrémités. Les 300 derniers kilomètres de câble, aux deux extrémités, ne sont pas chargés. C'est à cette charge graduée que l'on doit de pouvoir exploiter ce câble dans les conditions particulièrement favorables indiquées ci-dessus.

(Deutsche Verkehrs-Zeitung.)

Etranges coutumes relatives au service téléphonique japonais. — Au cours de sa récente visite au central téléphonique de Seattle, pendant son voyage d'études aux États-Unis, M. Seikichi Miyai, ingénieur au département impérial des communications du Japon, à Tokyo, eut l'occasion de signaler, touchant

le service téléphonique, quelques coutumes pratiquées dans son pays et qui ne manqueront pas de paraître étranges à nos lecteurs.

M. Miyai a fait connaître que, dans son pays, on paye 12 yens, soit environ 150 francs, pour faire installer chez soi un poste téléphonique d'abonnement. Le jour de l'installation, on assigne à l'abonné le premier numéro disponible au central ; mais, si ce numéro n'a pas l'agrément de l'abonné, ce dernier a la faculté de s'adresser à des intermédiaires, sortes de courtiers autorisés, qui se chargent de lui céder le droit à un numéro de son choix, car ces courtiers sont titulaires d'une certaine collection de numéros en réserve, et ils font, du trafic de ces numéros, un commerce que l'on a pris l'habitude de considérer comme un commerce ordinaire et régulier.

Naturellement, ces courtiers vendent fort cher les numéros que certaines personnes superstitieuses considèrent comme des porte-bonheur. C'est ainsi qu'un abonné peut avoir à verser au courtier de 1500 à 7000 yens (de 18.750 à 93.750 francs) suivant le numéro choisi, le numéro 8 étant considéré comme celui qui porte le plus de chance. Un autre numéro porte-bonheur est le numéro 357.

D'autre part, certains numéros sont considérés comme tout à fait néfastes. Un des pires, nous dit M. Miyai, c'est le numéro 42, car, pour beaucoup de Japonais, il signifie « mort ». Le numéro 49 est aussi l'un de ceux qui ont très mauvaise presse. Aussi est-il d'usage courant d'affecter ces derniers numéros aux postes de police.

M. Miyai a raconté également que toute personne désirant visiter un central téléphonique japonais ne saurait être autorisée à pénétrer dans les salles qu'après avoir chaussé, par dessus ses souliers de ville, une paire de protège-chaussures, généralement en caoutchouc. Il était d'usage, autrefois, d'enlever ses chaussures avant d'entrer dans les bureaux téléphoniques ; mais cette coutume était devenue ennuyeuse depuis que les Japonais, abandonnant les sandales ancestrales, avaient adopté la mode, de plus en plus répandue, des chaussures lacées qui leur vient de l'Occident. (*The Pacific Telephone Magazine.*)

Ligne postale Chicago—San-Francisco. — La ligne postale Chicago—San-Francisco, tronçon occidental de la ligne trans-

continentale américaine, peut être, par son organisation, considérée comme ligne postale type.

Cette ligne, qui est exploitée par la « Boeing air transport », est parcourue tous les jours une fois dans chaque sens (la distance de Chicago à San-Francisco est de 3.118 kilomètres) ; elle est équipée pour les vols de nuit dans la section correspondant aux trajets nocturnes. Cette section comporte un terrain de secours et un phare électrique de 90 à 120 kilomètres de portée (5 millions de bougies) tous les 40 kilomètres. En outre, la ligne est jalonnée tous les 5 kilomètres par des phares à éclats à allumage automatique (acétylène, 5000 bougies), d'une portée de 9 à 14 kilomètres ; tous les obstacles (bois) sont signalés. Enfin, tout le long de la ligne, un réseau de T.S.F. est organisé.

Les appareils utilisés sont des biplans Boeing à moteur Pratt et Withey de 425 chevaux (525 chevaux sur les tronçons de ligne difficile), moteur en étoile à refroidissement par l'air.

Le tonnage postal transporté mensuellement est supérieur à 10 tonnes ; d'août à octobre 1927, près de 500 passagers ont été transportés. Ces chiffres sont très encourageants et montrent que la ligne postale commercialement intéressante est loin d'être une utopie. (*La Nature.*)

Essais sur la ligne postale des Indes. — Une belle démonstration des possibilités d'un service postal sur la ligne des Indes a été faite, à l'automne dernier, par la compagnie hollandaise de transport K.-L.-M.. Quatre avions, destinés à l'exploitation d'un réseau commercial en Malaisie, ont servi à cet essai. Le premier, piloté par Koppen, parti le 13 septembre d'Amsterdam, arriva à Batavia le 25, par l'itinéraire : Vienne, Budapest, Sofia, Constantinople, Alep, Bagdad, Bouchir, Bender-Abbas, Karachi, Allahabad, Calcutta, Rangoon, Bangkok, Sengora, Médan, Palombang ; le deuxième appareil, parti le 20 septembre, arriva le 2 octobre ; le troisième effectua le voyage du 27 septembre au 9 octobre ; et le quatrième, du 4 au 16 octobre.

Le courrier transporté par le premier appareil comptait 2250 lettres recommandées et 18.600 lettres ordinaires. Ce fret suffisait à couvrir les frais du voyage.

Les avions employés étaient des monoplans Fokker, à trois moteurs Armstrong-Siddley de 225 chevaux. L'équipage se composait de deux pilotes et d'un mécanicien. La vitesse de route de ces avions est de 170 kilomètres à l'heure ; la vitesse maximum, de 195 kilomètres à l'heure. Ces appareils, appelés à atterrir sur des terrains médiocres, ont été équipés de grandes roues, montées sur billes. Un dispositif de freinage, analogue à celui des automobiles, a permis de réduire de plus de 100 pour 100 la longueur de roulement à l'atterrissage.

Ces quatre appareils relient, depuis le 1^{er} novembre, Batavia à Samarang et Sourabaya ; ce service a été prolongé, à partir du 1^{er} janvier, vers Singapour, Pénang et Médan. (*La Nature.*)

Note sur l'article « Origine des termes gyroscopiques dans les équations des appareils électromécaniques », par PH. LE CORBEILLER (janvier 1929). — 1^o Dans l'équation p. 8, l. 12, au lieu de $\phi \sin \theta . \theta'$, lire $\phi \sin \theta . \dot{\theta}'$; nos lecteurs auront rectifié d'eux-mêmes. De plus, le système de quatre équations de la page 18 doit porter le numéro 5.

2^o M. Tellegen, ingénieur aux Laboratoires Philipps, a fait observer à l'auteur qu'il suffit que l'expression de T_1 (p. 4, l. 10 en remontant) contienne *un seul* terme du type $B(q_i) \dot{q}'_k$ pour qu'il y ait des termes gyroscopiques dans les équations du système. (N.d.l.r.)

BIBLIOGRAPHIE.

Agenda d'électricité pour 1929, par P. BUNET et CEYTRE, ingénieurs E.P.C.I. Paris, J.-B. Baillièrre et fils. 1 vol. in-18 de 236 pages de texte et tableaux numériques, avec 86 figures et 136 pages datées pour notes journalières. — Prix (broché) : 12 francs.

Tables des inverses pour les nombres entiers de 1 à 100. — Comparaisons entre les unités des mesures anglaises et celles du système métrique. — Poids des feuilles de différents métaux. — Poids des fers carrés, six pans et ronds. — Symboles et signes conventionnels internationaux utilisés en électricité. — Unités électriques et leurs multiples et sous-multiples. — Unités pratiques de travail et de puissance. — Correspondance entre les chevaux et les kilowatts. — Résistances. — Fils en cuivre émaillé. — Fils de maillechort. — Courant continu. — Courants alternatifs. — Conducteurs en cuivre. — Section en millimètres carrés. — Mesures. — Résistance mécanique des supports de lignes aériennes sur potelets. — Conducteurs et canalisations. — Fils et câbles en bronze. — Enroulements des dynamos à courant continu. — Schéma d'induits, d'alternateurs et de stators de moteurs asynchrones. — Couplage en parallèle des alternateurs. — Moteurs à courant continu. — Moteurs asynchrones à courant alternatif monophasé, diphasé et triphasé. — Dérangements qui se produisent le plus fréquemment dans le fonctionnement des dynamos alternateurs et moteurs asynchrones. — Transformateurs statiques. — Accumulateurs. — Éclairage et chauffage électriques. — Piles, sonneries, téléphones. — Législation et réglementation. — Conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique.

Les alternateurs de haute fréquence, par J. BÉTHENOD. Paris, Chiron, 1926. 1 vol. in-16 de 130 pages, avec 51 figures.

On peut considérer le problème de la construction d'alternateurs de haute fréquence comme l'un des sommets de l'électrotechnique. Contrairement aux lampes triodes, qui oscillent pour ainsi dire toutes seules aux fréquences radio, les alternateurs à organe mécanique rotatif se refusent en quelque sorte par nature à fournir des oscillations de fréquence dépassant un millier de cycles par seconde ; on est cependant parvenu à leur faire fournir industriellement des fréquences de 20 et même 30 mille cycles par seconde, mais en utilisant les plus extrêmes ressources des théories mécaniques et électriques d'une part, des propriétés des divers matériaux d'autre

part. Le livre de M. Béthenod, développement de ses conférences à l'Ecole supérieure d'électricité, section radio, ne peut naturellement entrer dans l'infini détail des difficultés vaincues ; mais il donne une idée très claire des différents principes essayés et du point jusqu'auquel ils ont pu être poussés dans l'application. D'ailleurs, comme le fait remarquer M. Blondel dans une remarquable préface, « on peut dire qu'à part l'emploi direct des alternateurs de haute fréquence inauguré par Tesla et perfectionné par Alexanderson, toute la technique de la télégraphie sans fil par alternateur de haute fréquence est d'origine française ; c'est une constatation satisfaisante pour notre fierté nationale et un encouragement pour nos techniciens ».

P.L.C.

Le gérant :

HENRI DÉVÉ.

DOCUMENTATION.

Les analyses suivantes se rapportent à des articles parus dans les périodiques français et étrangers reçus par le Service d'études et de recherches techniques de l'administration des Postes et Télégraphes : elles sont rédigées par des fonctionnaires de ce service et signées de leurs initiales. Elles sont imprimées avec une pagination spéciale et sur un seul côté des feuillets de façon que l'on puisse, soit les relier à part, soit les découper pour en constituer un répertoire par fiches. Dans ce dernier cas, le classement en sera facilité par les nombres inscrits en tête des analyses, qui correspondent au classement décimal dont nous avons publié la table dans le numéro de janvier.

34. Le nouveau relais récepteur télégraphique Siemens et Halske (A. Jipp, T.F.T., août 1928). — Description du nouveau relais utilisé pour la télégraphie multiple à courants de fréquence musicale et pour la télégraphie infra-acoustique. C'est un relais analogue à l'ancien relais de l'appareil Siemens, dont on a augmenté la sensibilité en modifiant les enroulements et en employant une armature plus légère ; d'autre part, l'aimant permanent peut être déplacé. L'auteur donne quelques oscillogrammes de fonctionnement du relais à diverses vitesses et sous différentes intensités. P. M.

34. Application, par les Carthaginois, du synchronisme à la télégraphie optique (Deutsche Verkehrs-Zeitung, 4 août 1928). — Traduit dans Annales P.T.T., décembre 1928.

36. La télégraphie sur les câbles téléphoniques ; télégraphie infra-acoustique et télégraphie par impulsions (A. Jipp et M. Nottetbrock, T.F.T., août 1928). — Pour les courtes distances, la télégraphie multiple par courants de fréquences musicales, qui immobilise des circuits téléphoniques en câble, n'est pas économique ; on peut employer dans ce cas la télégraphie infra-acoustique, qui se superpose aux communications téléphoniques, en utilisant la bande de fréquences de zéro à 200 p.p.s., inutile à la transmission de la parole. On peut ainsi réaliser une communication télégraphique à la vitesse d'environ 50 bauds, chaque combinant d'une quarte servant à la trans-

mission dans un sens. Les auteurs décrivent les installations nécessaires.

Lorsque les circuits en câble sont soumis à des phénomènes d'influence de lignes à haute tension qui obligent à intercaler sur la ligne des transformateurs, on peut utiliser la télégraphie par impulsions, dont les auteurs exposent le principe et décrivent les installations.

Enfin, si l'encombrement des circuits le nécessite, la télégraphie infra-acoustique se prête au travail en duplex ; l'équilibrage des balances, pour les courtes longueurs de ligne, peut en général être fait une fois pour toutes ; il suffit, au besoin, de le réviser une fois par mois.

Dans beaucoup de cas où le trafic ne nécessite pas une exploitation en duplex, on travaille à l'alternat sur des circuits pourvus de montages analogues au duplex. En effet, le travail en simplex entraîne de multiples inconvénients, surtout sur les câbles téléphoniques ; on utilise alors ce qu'on appelle le semi-duplex, qui n'est autre qu'un montage en duplex dans lequel on se contente d'ajuster la ligne d'équilibre de façon que le relais récepteur reste insensible aux signaux émis ; dans ces conditions, la ligne d'équilibre peut être ajustée une fois pour toutes.

P. M.

42. Fonctionnement des transformateurs entre des résistances ohmiques (R. Feldtkeller et H. Bartels, E.N.T., juin 1928). — Les auteurs considèrent un transformateur intercalé entre les deux résistances pures



TRADUCTION

NOTICE. — Sortant sans faire d'excavation, ni endommager la bordure du trottoir.
EXTRACTION d'un poteau standard par une équipe de la Illinois Bell Teleph Co et un cric Simplex n° 329.
 économisant la main-d'œuvre horaire.

"SIMPLEX" CRIC

POUR EXTRACTION ET REDRESSEMENT DES POTEAUX

Aucun entraînement nécessaire pour la manœuvre. Ce cric permet d'arracher du sol en moins de 8 minutes les poteaux enracinés à 1 mètres 50 de profondeur. Réalisera en peu de temps une Économie de Main-d'Œuvre supérieure à son Prix d'Achat.

CRIC "SIMPLEX"

pour LEVAGE des BOBINES à CABLE
 LE CRIC « SIMPLEX » EST UTILISÉ PAR LES
 SERVICES TECHNIQUES DE L'ADMINISTRATION
 FRANÇAISE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES

SOCIÉTÉ ANONYME

LIDGERWOOD

114, Faubourg Poissonnière. 114

Téléph. : Trud. 52-77

PARIS (X^e)

Adr. tél. : Lidgerwood Paris

Z_1 et Z_2 et partent de la formule donnant son affaiblissement effectif, en négligeant la capacité des enroulements, et en prenant comme caractéristiques du transformateur : A_L tel que :

$$\begin{aligned} L_1 &= n_1^2 A_L, \\ L_2 &= n_2^2 A_L. \end{aligned}$$

(n_1 et n_2 : nombres de tours du primaire et du secondaire)

le coefficient de dispersion σ ,
et la moyenne des constantes de temps des deux enroulements.

On obtient ainsi une somme de trois termes, dont le premier b_1 est indépendant de la fréquence, le second terme b_2 croît quand la fréquence diminue, et le troisième b_3 croît quand la fréquence augmente ; ces deux termes caractérisent par suite la distorsion d'affaiblissement aux limites inférieure et supérieure de la bande de fréquences à transmettre.

Si l'on veut que ces deux distorsions soient égales, condition la plus favorable, on en déduit que les impédances en circuit cuvert du transformateur doivent être respectivement égales à :

$\frac{Z_1}{\sqrt{\sigma}}$ et $\frac{Z_2}{\sqrt{\sigma}}$ pour la fréquence moyenne à transmettre : ω_m .

Dans ces conditions, la distorsion pour une fréquence ω ne dépend que de σ et de :

$\frac{\omega}{\omega_m}$. Une limite supérieure en est donnée par l'expression :

$$\frac{\sigma}{8} \cdot \frac{\omega_{\max}}{\omega_{\min}}.$$

Si la bande de fréquences à transmettre est assez étroite pour que cette expression soit inférieure à la limite de distorsion permise, il est avantageux de fixer le nombre de tours des enroulements de façon à atteindre cette limite ; on diminue ainsi le terme constant b_1 de l'affaiblissement effectif.

La durée des phénomènes transitoires causés par un transformateur ainsi calculé est certainement inférieure à une demi-période.

Les auteurs calculent ensuite l'impédance mesurée des bornes primaires, les bornes secondaires étant fermées sur Z_2 . Cette impédance a un angle minimum φ pour

$\omega = \omega_m$ tel que : $\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = \sqrt{\sigma}$. La connaissance de la valeur de cette impédance aux différentes fréquences suffit à déterminer les trois termes de l'affaiblissement effectif.

Dans le cas d'un transformateur de sortie d'amplificateur téléphonique, l'enroulement primaire est parcouru par le courant continu de plaque, qui influe sur les caractéristiques du transformateur ; on y remédie en ménageant un entrefer sur le parcours des lignes de force magnétiques. P. M.

42. Influence de la distorsion non linéaire sur la qualité et l'intelligibilité d'un système de transmission téléphonique (G. v. Bekeşy, E.N.T., juin 1928). — L'auteur étudie d'abord quels sont les effets de distorsion non linéaire, dus à la présence de noyaux de fer dans les organes de transmission téléphonique. Il montre comment ces effets peuvent être caractérisés et indique des dispositifs permettant de les déceler et de les mesurer.

Il étudie ensuite les circonstances qui interviennent, lors des essais de netteté, dans le résultat global obtenu, et indique des procédés permettant de mettre en évidence quelle est la perte de netteté qui peut être attribuée en propre au système de transmission étudié, abstraction faite de certaines erreurs imputables aux opérateurs.

Il étudie enfin quelles sont les pertes de netteté dues à la distorsion non linéaire introduite par la présence de fer dans les organes de transmission. L.-J. C.

42. L'affaiblissement effectif (H. Schulz, E.N.T., août 1928). — Exposé complet de la théorie de l'affaiblissement effectif ; mise au point et résumé des résultats parus dans différents mémoires. P. M.

Le téléphone automatique aux Etats-Unis. — Il y avait, au 1^{er} mai dernier, dans le réseau Bell, plus de 2.660.000 postes d'abonné desservis par autocommutateurs. Cela représente 19 p. 100, soit bien près du cinquième, du total des 13.978.000 postes du réseau Bell à la même date.

Le nombre des appareils automatiques augmente sans cesse, comme le montre le chiffre de 750.000 cadrans d'appel construits par an. Ceci suffit à indiquer que, dans l'avenir, la proportion d'appareils automatiques par rapport au nombre total d'appareils continuera à croître régulièrement. (Southern Atlantic News, Atlanta, Ga.)

42. Sur les « Schwingwiderstände » d'un quadripôle symétrique (R. Feldtkeller, T.F.T., août 1928). — L'affaiblissement effectif d'un quadripôle symétrique terminé à ses deux extrémités par deux impédances

PILES "AD"

POUR TOUTES APPLICATIONS



BATTERIES "AD"

de chauffage et tension plaque

CHARBONS pour MICROPHONES

BALAIS EN CHARBON

et métallographitiques

POUR TOUTES MACHINES ELECTRIQUES

LE CARBONE

Société Anonyme au Capital de 2.800.000 frs.

37 A 41 RUE DE PARIS — GENNEVILLIERS — (SEINE.)



LE DOCTEUR METAL

vous présente sa NOUVELLE
lampe à filament à oxyde :

la

MICRO-MÉTAL D.Z. 813

A consommation égale

DÉTECTE ET AMPLIFIE

en haute Fréquence

avec un pouvoir **DOUBLE**

Notre service technique est à votre disposition
pour vous fournir sur l'utilisation de cette
lampe tous les renseignements dont vous
pourriez avoir besoin



MÉTAL-RADIO

41, Rue de la Boétie, PARIS

égales à R est la partie réelle b de l'expression g définie par l'équation :

$$e\theta = \frac{(R - S_1)(R - S_2)}{R(S_2 - S_1)},$$

où :

$$\begin{cases} S_1 = -Z_1 - \sqrt{Z_1(Z_1 - Z_b)}, \\ S_2 = -Z_1 + \sqrt{Z_1(Z_1 - Z_b)}, \end{cases}$$

Z_1 et Z_b étant les impédances mesurées en circuit ouvert et en court-circuit.

Pour $R = S_1$ ou S_2 , on a : $e\theta = 0$ et $b = -\infty$. D'autre part, si l'on ferme, à l'une de ses extrémités, le quadripôle sur S_1 ou S_2 , l'impédance mesurée de l'autre extrémité est $-S_1$ ou $-S_2$.

On peut facilement exprimer S_1 et S_2 en fonction de l'impédance caractéristique Z_n et de la constante de propagation : $\gamma = \beta + j\alpha$. On trouve :

$$\begin{cases} S_1 = -Z_n \coth \frac{\gamma}{2}, \\ S_2 = -Z_n \tanh \frac{\gamma}{2}, \end{cases}$$

d'où :

$$S_1 S_2 = Z_n^2$$

et :

$$\tanh \frac{\gamma}{2} = \sqrt{\frac{S_2}{S_1}}.$$

Ces deux impédances S_1 et S_2 , que l'auteur appelle « Schwingwiderstände », ce qu'on pourrait traduire par « impédances d'oscillations », suffisent donc à déterminer le quadripôle.

L'auteur indique comment on peut construire géométriquement ces impédances ; l'affaiblissement effectif, pour R quelconque, s'en déduit immédiatement, ainsi que l'impédance d'entrée du quadripôle.

Sont calculées, à titre d'exemple, les « Schwingwiderstände » de cellules en T , en π , et en croix.

P. M.

42. Sur les constantes du quadripôle passif (B.-D.-H. Tellegen, *R.G.E.*, 11 août 1928). — Reprenant les conclusions de M. Vulot dans son article de la *R.G.E.* du 1^{er} octobre 1927, l'auteur expose une méthode de démonstration basée sur la seule considération de la puissance moyenne mise en jeu dans le quadripôle, et il montre qu'il est possible de réaliser chaque quadripôle passif par un circuit en T ou en Π suivi d'un transformateur parfait. (Aut.)

43. Machine pour la pose des câbles en tranchée, de la Société Weserhütte (*Génie civil*, 4 août 1928). — Description détaillée,

avec deux photos. La machine comprend quatre éléments : l'excavateur, qui creuse la tranchée ; le transporteur, qui rejette les déblais ; le chariot porte-bobine ; le dispositif d'entraînement du câble. D'après le constructeur, avec cette machine, servie par cinq hommes, la pose d'un kilomètre de câble revient à 300 marcs (1.800 francs).

R. H.

46. Raccordements collectifs pour plus de deux abonnés (F. Brönnimann, *Bulletin technique de l'administration suisse*, avril, juin, août 1928). — L'administration suisse emploie d'une façon courante les raccordements collectifs pour deux abonnés. Elle vient de mettre en service un nouveau système de raccordement collectif permettant de desservir par un même circuit un grand nombre d'abonnés (pratiquement, une dizaine), échelonnés, par exemple, le long d'une vallée. Les caractéristiques du système sont les suivantes : la téléphoniste du bureau central sélectionne un des abonnés au moyen d'un cadran d'appel ; chaque abonné appelle le central en actionnant un bouton et donne le signal de fin par simple décrochage ; une communication entre deux abonnés desservis par le même circuit est possible ; le secret est assuré dans tous les cas ; chaque abonné est renseigné à tout instant par un voyant sur l'occupation du circuit commun.

L'installation nécessite des modifications importantes aux postes d'abonnés (adjonction d'un petit sélecteur, d'un relais et d'un voyant) et au tableau du bureau central (adjonction d'un bâti de relais).

R. B.

47. Contribution à la théorie générale de l'influence électrique et de l'induction magnétique exercées par une ligne d'énergie sur une ligne de communications en régime stationnaire (G. Eggeling, *E.N.T.*, août 1928). — L'auteur retrouve les formules exprimant la valeur des intensités ou des tensions induites par une ligne d'énergie parallèle à une ligne de communications, compte tenu de l'état des connections à l'extrémité de la ligne induite. Il fait, de ces formules, quelques applications numériques.

L.-J. C.

53. Sur un nouveau mode de fonctionnement des oscillateurs à lampes triodes (*Bulletin de la Société française de physique*, 6 juillet 1928). — M. Pierret avait signalé récemment (*C.R. Ac. Sc.*, 1928, p. 1934 et p. 1601) la possibilité d'obtenir des ondes

Apprenez à
PARLER L'ANGLAIS, L'ESPAGNOL
PAR LA CORRESPONDANCE

rapidement, aisément, à peu de frais par la **Méthode**

“ BERLITZ CHEZ SOI ”

(B. C. S.)

**APPLICATION RATIONNELLE DE LA MÉTHODE BERLITZ
 A L'ENSEIGNEMENT DES LANGUES PAR LA CORRESPONDANCE**

Depuis 50 ans, les **Ecoles Berlitz**, répandues dans le monde entier, se sont spécialisées dans l'*Enseignement des langues vivantes* et y ont acquis une expérience incomparable. La direction des Ecoles Berlitz a voulu faire bénéficier de cette expérience tous ceux qui désirent apprendre pratiquement les Langues et ne peuvent fréquenter une école Berlitz. Elle a créé la méthode **Berlitz chez soi** dont le succès a été tout de suite très grand parce qu'elle donne des résultats pratiques étonnamment rapides.

Les cours de Langues par T. S. F. donnés au Studio de l'Ecole Supérieure des P. T. T. sont faits par les professeurs de l'Ecole Berlitz.

Pour tous renseignements, s'adresser au Directeur de l'Ecole Berlitz à Paris, 31, boulevard des Italiens.

—

Les **Ecoles Berlitz** de Marseille, Barcelone, Bruxelles font également des cours par T. S. F.

—

Demandez la notice B. C. S. et T. S. F. franco

à L'ÉCOLE BERLITZ

31, Boulevard des Italiens, PARIS

**LEÇONS A L'ÉCOLE, A DOMICILE,
 PAR CORRESPONDANCE, PAR T.S.F.**

Bureau de Traductions. Spécialité : Traductions techniques en toutes langues

R. C. Seine 61.322

très courtes (12 à 18 centimètres), à l'aide de lampes triodes à cornes (métal T.M.C.). Les oscillateurs que l'auteur a réalisés sont de deux types : l'un à deux lampes symétriques, l'autre n'employant qu'une seule lampe.

Les oscillations observées diffèrent de celles de Barkhausen, obtenues avec les mêmes lampes ; leur longueur d'onde est beaucoup plus courte que celle que l'on peut calculer par la formule de Scheibe (16^{cm} mesuré au lieu de 38^{cm} calculé) ; elles ne semblent pas être des harmoniques des oscillations de Barkhausen et paraissent dues à un autre mode de fonctionnement des lampes triodes, que l'on peut se représenter de la manière suivante :

Au milieu de l'intervalle, entre deux fils de grilles, il y a un point de force nulle ; si un électron est déplacé normalement à la grille d'une petite longueur x à partir de ce point, une force due à l'attraction de ces deux fils, qui est la plus grande partie de l'attraction totale, tend à le ramener à ce point de force nulle.

En supposant les fils de grille rectilignes et à une distance $2a$ l'un de l'autre, cette force est égale à $\frac{4 q e x}{a^2 + x^2}$, q désignant la charge par unité de longueur du fil de grille et e la charge d'un électron. Comme pour les fréquences très élevées que nous trouvons, x est beaucoup plus petit que a , on peut négliger x^2 devant a^2 , et la force communiquée à un électron libre, de charge e et de masse m , un mouvement pendulaire dont la pulsation est :

$$\omega = \frac{2}{a} \sqrt{q \frac{e}{m}}.$$

Cette oscillation produit des variations du potentiel de la grille, dont la pulsation est double de celle-là, comme dans l'entretien de Melde ou dans l'entretien d'un pendule sur lequel agit une force périodique verticale. On obtiendra donc, dans le fil relié à la grille et réglé de façon qu'il soit en résonance, des oscillations électriques de pulsation :

$$\omega' = \frac{4}{a} \sqrt{q \frac{e}{m}}.$$

La valeur de la charge q par unité de longueur du fil de grille, pour une lampe à électrodes cylindriques de rayons R_t , R_g , R_p et aux potentiels 0, V_g , V_p est :

$$q = \frac{a}{2\pi R_g} \left(\frac{V_g}{L \cdot g \frac{R_g}{R_t}} + \frac{V_p - V_g}{L \cdot g \frac{R_p}{R_g}} \right).$$

En calculant la valeur de ω' pour la lampe qui a servi à l'auteur, on trouve qu'elle correspond à une longueur d'onde de $11^{\text{cm}},7$; l'expérience donne $16^{\text{cm}},5$. On ne peut s'attendre qu'à trouver l'ordre de grandeur de la longueur d'onde, car on a calculé la force en ne tenant compte que de deux fils voisins et en les supposant rectifiés. La longueur d'onde dépend non seulement des dimensions et des tensions des électrodes, comme celle des oscillations de Barkhausen, mais elle dépend aussi de l'intervalle entre les fils de grille. Ce procédé donne une fréquence double de la fréquence des oscillations électroniques ; dans le procédé de Barkhausen, au contraire, il semble que les électrons, au lieu d'osciller autour de la grille, oscillent entre grille et plaque, de part et d'autre d'une surface de potentiel nul, les oscillations, que l'on retrouve à la fois dans les circuits accordés reliant les plaques d'une part et les grilles d'autre part, ont alors la même fréquence que celles des oscillations électroniques.

Ces ondes très courtes ont pu être détectées facilement à l'aide d'une galène et d'une pointe fine, fixées chacune à une petite tige de laiton de longueur variable servant d'antenne réceptrice ; un galvanomètre à cadre est placé en dérivation sur le détecteur. On constate que les murs du laboratoire, l'approche du corps humain ou de la main, suffisent pour produire des ondes stationnaires : ces dernières deviennent extrêmement nettes lorsqu'on emploie une plaque métallique comme miroir.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE.

54. **Emission radiotélégraphique par ondes dirigées** (J.-M., *Industrie électrique*, 10 août 1928). — Excellent exposé physique, sans calculs, des propriétés principales des rideaux d'antennes Marconi (Beam) ; courbe polaire horizontale ; courbe polaire verticale ; rôle du rideau réflecteur.

P.-L. C.

55. **Les parasites atmosphériques viennent-ils des tropiques ?** (R. Bureau, *La Nature*, 15 août 1928). — Intéressant exposé des diverses théories émises sur les atmosphériques et notamment de celle de l'auteur, qui rattache l'apparition et la disparition des atmosphériques à des phénomènes météorologiques locaux.

P.-L. C.

56. **Pour augmenter l'efficacité de la détection** (J. Margot, *Electricien*, 15 août 1928). — Note résumant des recherches sur la détection faite au laboratoire des usines Philipps. On montre que, dans la détection

CAOUTCHOUC
:: :: CABLES :: ::

CAPITAL : 54.000.000 DE FRANCS

25, rue du Quatre-Septembre — PARIS (2^e)

POUR TOUTES INSTALLATIONS PUBLIQUES OU PRIVÉES

POSTES D'INTERCOMMUNICATION DIRECTE

Postes d'écoute, de Coupure, de Filtrage — Postes de Change

STANDARDS – MULTIPLES

TÉLÉPHONIE AUTOMATIQUE

RELAIS ET AMPLIFICATEURS A LAMPES

POSTES SPÉCIAUX pour chemins de fer, Mines, Lignes
voisines d'un transport d'énergie à haute tension, etc.

POSTES A SÉLECTEURS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

MATERIEL TELEGRAPHIQUE

Câbles téléphoniques. Fils, Cordons, etc.

PRINCIPAUX MULTIPLES CONSTRUITS PAR LA SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DES TÉLÉPHONES

Marcadet (Paris), Amiens, Lille, Toulouse, Boulogne-sur-Seine, Montreuil-sous-Bois, Saint-Germain-en-Laye, Perpignan, Alger, Oran, Madrid, Barcelone, Bilbao, Manreza, Victoria, La Paz, etc. Autour multiples de Sainte-Adresse. Vichy, Rennes (en montage)

par la grille, les électrons de faible vitesse sont les plus efficaces. On peut alors trier les électrons de vitesses diverses émis par le filament au moyen d'un champ magnétique et amener les électrons lents sur la grille détectrice.

P.-L. C.

57. **Les nouvelles liaisons radiotéléphoniques** (Höpfner, *Europäischer Fernsprechdienst*, juillet 1928). — Il s'agit des liaisons Berlin—Buenos-Aires et Hollande—Indes néerlandaises, d'environ 12.000 kilomètres, exploitées toutes deux par ondes courtes.

Pour la première, les stations émettrices sont Nauen et Monte-Grande; elles travaillent avec une puissance de 20 kilowatts sur des ondes porteuses de 14^m,83 et 15^m,34. Les stations réceptrices sont à Villa Elisa, près de Buenos-Aires, et à Geltow en Allemagne.

Pour la seconde, les stations émettrices sont Kootwijk près d'Apeldoorn en Hollande et Malabar; elles travaillent avec une puissance de 25 kilowatts sur des ondes porteuses de 18^m,40 et 15^m,96. Les stations réceptrices sont à Meijndel près de la Haye et à Rantja Ekket (Java). P. M.

58. **Quelques mesures d'ensemble au sujet du phénomène d'évanouissement** (Dellinger, Jolliffe et Parkinson, *Scientific papers of the Bureau of standards*, 1928, n° 561). — Le phénomène d'évanouissement (fading) consiste en une variation de l'intensité de réception, qui se produit sans cause apparente. Ces variations, journalières ou saisonnières, sont toujours irrégulières. Les maxima de l'intensité et de ses variations se produisent généralement pendant la nuit; l'intensité est minimum au coucher du soleil. Pour les longueurs d'ondes supérieures à 100 mètres, ces effets sont d'autant plus prononcés que la longueur d'onde est plus petite. Les fréquences supérieures à 500 kilocycles sont sujettes à des évanouissements nocturnes rapides, dont la période varie de quelques secondes à quelques minutes. Ces évanouissements rapides se superposent à d'autres, beaucoup plus lents.

L'ensemble de ces perturbations se produit à des distances de l'émetteur comprises entre 80 et 400 kilomètres en général.

Les évanouissements sont indépendants des conditions météorologiques. Ils ne sont ni simultanés ni semblables dans deux postes récepteurs voisins géographi-

quement ou quand les émissions proviennent de postes peu éloignés l'un de l'autre.

La première étude expérimentale du phénomène est due à Pickard. Par une méthode d'enregistrement se rapportant aux fréquences de 500 à 1500 kilocycles, il a montré que l'intensité de réception peut être multipliée par plusieurs centaines d'une minute à l'autre. Il a également constaté que les évanouissements, dont la période est de l'ordre de la minute sont semblables dans deux postes distants de 500 mètres. Il n'en est pas de même pour les évanouissements dont la période est de l'ordre de la seconde. Les évanouissements à courte période (quelques secondes) s'atténuent aux distances supérieures à 225 kilomètres.

Le Bureau of standards a, en 1925, appliqué la méthode de Pickard sur une plus grande échelle. Les émissions étant effectuées à Schenectady, il a disposé des appareils récepteurs enregistreurs à seize endroits, répartis dans tous les azimuts, à des distances variant entre 170 et 2000 kilomètres. Les graphiques recueillis ont permis d'établir de nouveaux résultats :

1° Le rapport entre les intensités de réception nocturne et diurne est une fonction logarithmique de la distance. Si l'on appelle r ce rapport, on a :

$$2r - 1 = e^{\beta d \sqrt{f}},$$

où d est la distance, f la fréquence, et β un coefficient numérique ;

2° L'intensité de réception varie avec la distance en passant par des maxima et minima, le premier maximum étant à environ 100 kilomètres de l'émetteur ;

3° L'intensité moyenne de la réception commence à croître une heure avant le coucher du soleil, décroît au moment du coucher, et croît ensuite jusqu'à atteindre sa valeur nocturne une ou deux heures plus tard ;

4° Les évanouissements, ou irrégularités, ont des amplitudes qui varient à peu près comme l'intensité moyenne elle-même, autour du coucher du soleil ;

5° Il n'existe aucune relation entre l'intensité moyenne diurne et les amplitudes des évanouissements ;

6° Une éclipse solaire produit, dans les régions intéressées, des effets analogues à ceux du coucher du soleil ;

7° La puissance d'émission est sans influence sur les évanouissements.

LA TECHNIQUE MODERNE.

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

- LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE**, E, 3, rue Thénard, Paris (5°).
- CONSTRUCTION DES LIGNES AÉRIENNES** (1) par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (3° éd., 1 vol. autogr., de 362 p., et 188 fig.)..... 25 fr.
- CONSTRUCTION DE LIGNES SOUTERRAINES** (1), par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (2° éd., 1 vol. autogr., de 346 p., 153 fig. et 17 pl.)... 3 fr.
- COURS DE PROTECTION DES LIGNES** télégraphiques et téléphoniques contre les lignes d'énergie (1), par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr., de 493 p., 65 fig. et 2 pl.)..... 35 fr.
- COURS D'INSTALLATIONS TÉLÉPHONIQUES** par MILON, ingénieur en chef des P.T.T. (2° éd., 1 vol. typogr., de 460 p., 294 fig., 15 pl.)..... 45 fr.
- COURS D'EXPLOITATION TÉLÉGRAPHIQUE** (1), par L. RAYNAL, ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr. de 175 p.)..... 18 fr.
- PRINCIPES GÉNÉRAUX D'EXPLOITATION TÉLÉPHONIQUE** (1), par MILON, ingénieur en chef des P.T.T. (2° éd., 1 vol. autogr., de 272 p. et 20 fig.)... 1 fr.
- TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONE SANS FIL** (1), par VEAUX, ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. typogr. de 320 p. et 362 fig.)..... (En réimpression)
- COURS SUR L'ORGANISATION ET LE CONTRÔLE DE L'EXPLOITATION DES BUREAUX TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES** (1), par LEVEAU, chef de bureau téléphonique hors classe breveté. (1 vol. autogr., de 190 p.).... 18 fr.
- COURS D'EXPLOITATION POSTALE** par FERRIERE chef de Bureau des P.T.T. (2 vol. typogr. de 241 et 306 p.)..... 40 fr.
- COURS DE COMPTABILITÉ et de droit budgétaire** (1), par FERET DU LONGBOIS directeur au ministère des Finances (1 vol. typogr., 3° éd., 156 p.)..... 15 fr.
- CONFÉRENCES DE COMPTABILITÉ Industrielle et commerciale**, par G. VALENSI ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr. de 276 p.)..... 18 fr.
- COURS DE MACHINES** (1), par M. SAUVAGE, inspecteur général des Mines (1 vol. autogr., 207 p., 70 fig.)..... 15 fr.
- COMPLÉMENTS DE MATHÉMATIQUES**(1), par B. COLLIN, agrégé de l'Université, professeur au lycée Saint-Louis et à l'Ecole supérieure des P. T. T. (1 vol. autogr. de 84 p.)..... 7 fr.
- COURS ÉLÉMENTAIRE DE TÉLÉPHONIE** (2), par Louis GRELAUD, contrôleur principal des P.T.T. (2° éd., 1 vol. autogr., de 180 p. et 127 fig.)..... 22 fr.
- COURS D'ÉLECTRICITÉ** (2) (Application à la téléphonie et à la télégraphie à l'usage des agents mécaniciens et du Personnel des P. T. T.), par Ch. SUCHET, ingénieur des P.T.T., (2 vol. de 299 p. et 243 p.)..... Tome I, 30 fr.; Tome II, 22 fr.
- COURS DE MULTIPLES TÉLÉPHONIQUES** (2) (à l'usage des agents mécaniciens, et du Personnel des P. T. T.), par Paul JOLY, ingénieur en chef des P.T.T. 1 vol. autogr., 357 p., 147 fig. et un atlas de 70 pl.)..... 60 fr.
- COURS DE TÉLÉPHONIE AUTOMATIQUE**(2) (à l'usage des agents mécaniciens et du Personnel des P. T. T.), par Ch. PETIT, ingénieur en chef des P.T.T. (2 vol.).
Livre I (415 pages, 162 fig. et 39 p. hors-texte) 55 fr.
Livre II (en impression)
- MANUEL DE L'OUVRIER** des lignes aériennes télégraphiques et téléphoniques, par L. DROUET, ingénieur en chef des P.T.T. (3° éd., 1 vol. typogr. 13x18, de 254 p. et 158 fig.)..... 18 fr.

(1) Cours professé à l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes.

(2) Cours professionnels.

ACCUMULATEURS DININ

**pour T. S. F. — STANDARDS TÉLÉPHONIQUES
et toutes applications**

SOCIÉTÉ DES ACCUMULATEURS ÉLECTRIQUES

(Anciens Établissements Alfred DININ)

Société Anonyme au Capital de 10.000.000 de francs

18, rue de Cherbourg, NANTERRE (Seine)

Maison de vente à PARIS : 49, rue Saint-Ferdinand (XVII^e)

Succursale à Lyon : 181, avenue de Saxe



LES

CABLES DE LYON

MANUFACTURE DE FILS ET CÂBLES ÉLECTRIQUES
DE LA COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ S. A. CAP 100 MILLIONS

SIÈGE SOCIAL : 54, RUE LA BOÉTIE, PARIS

DIRECTION ET BUREAUX À LYON :

418-420, AVENUE JEAN-JAURES

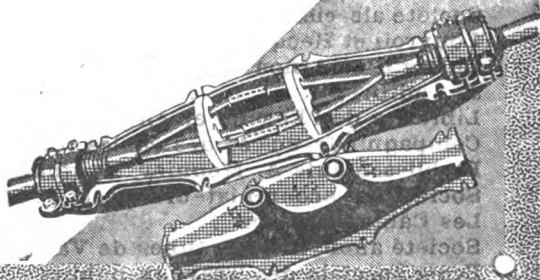
USINES : 41, RUE DU PRÉ GAUDRY, 41

SUCCURSALE À PARIS :

16, RUE DE LA BAUME, 16 — TÉLÉPHONE : ÉLYSÉES 45-38

AINSI QUE DANS LES PRINCIPALES VILLES DE FRANCE

**Tous fils et câbles
électriques isolés
Accessoires pour
réseaux souterrains**



SOCIÉTÉ ANONYME DES TUBES DE VALENCIENNES ET DENAIN

CAPITAL : 5.500.000 FRANCS

Siège social et Usine à VALENCIENNES (Nord)

Maison à Paris : 16 bis à 24, Passage d'Angoulême

Tubes soudés et sans soudure pour tous usages

TUBES CARRÉS

pour lignes électriques

Adresser la correspondance à Valenciennes

Téléphone : 117 VALENCIENNES

R. C. Valenciennes 499

INDEX

	Pages
DOCUMENTATION	D. 6, D. 7, D. 8, D. 9, D. 10
BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES P.T.T.	10, 12, 14
Société anonyme Lidgerwood	2
Le Carbone	4
Compagnie des Lampes	4
Ecole Berlitz	6
Société industrielle des Téléphones	8
Grammont	11
Le Matériel Téléphonique	13
Lignes télégraphiques et téléphoniques	15
Forges et ateliers de constructions électriques de Jeumont	16
Société des Téléphones Ericsson	17
Société anonyme Siemens-France	18
Compagnie générale transatlantique	18
Compagnie des Téléphones Thomson-Houston	19
La machine à affranchir Havas	20
Société française Gardy	21
Grand Bazar de l'Hôtel-de-Ville	22
Etablissements Gaiffe-Gallot et Pilon	22
Ateliers J. Carpentier	23
Société d'Etudes pour liaisons téléphoniques et télégraphi- ques à longue distance	24
Association des ouvriers en instruments de précision	24
Société alsacienne de constructions mécaniques	25
Louvroil et Recquignies	26
Chauvin et Arnoux	26
J. Audibert	27
Librairie de l'Enseignement technique	28
Compagnie française des câbles télégraphiques	29
Etablissements A. Meunier, Vergnaud et C^{ie}	30
Société des accumulateurs électriques	31
Les Câbles de Lyon	31
Société anonyme des tubes de Valenciennes et Denain	31
Ecole spéciale des Travaux publics	III
Société française des Appareils Creed	IV

ANNÉE — N° 3.

MARS 1929.

MAY 22 1929

Prix : 6 francs.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS
D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3 RUE THÉNARD PARIS V^e

Prix de l'abonnement annuel : France..... 60 francs; Étranger..... 100 francs.

ANNALES DES POSTES. TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

Revue mensuelle publiée par les soins
d'une commission nommée par
LE MINISTRE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

 La commission des *Annales* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs et qui peuvent ne pas refléter la doctrine de l'administration ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

RÉDACTION : 20, RUE LAS CASES, PARIS 7^e.
Téléphone : Ségur 46.43 et 45.59.

*Pour tout ce qui concerne les abonnements et la publicité,
s'adresser à l'éditeur :*

LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE,
3, rue Thénard, Paris 5^e.

TABLE DES MATIERES.

Quelques applications nouvelles de la T. S. F., par le général FERRIÉ, membre de l'Institut	201
Contribution à l'étude de l'amélioration des conditions de réception des signaux télégraphiques par l'emploi de certains dispositifs terminaux, par L.-J. COLLET, ingénieur des Postes et Télégraphes.	210
La normalisation en France, par E. LHOSTE, secrétaire général de la Commission permanente de standardisation.	272
REVUE DES PÉRIODIQUES : Sur un nouveau mode d'entretien d'oscillations dans les lampes triodes. — Sur la réalisation et le fonctionnement d'un nouvel oscillateur à ondes très courtes. — Sur des oscillateurs à ondes très courtes. — Sur les ondes très courtes	284
INFORMATIONS : Nouveaux timbres-poste français. — Le règlement des créances internationales par voie de virement postal. — Télégrammes autographes. — Liaisons radiotélégraphiques	293
BIBLIOGRAPHIE	295
DOCUMENTATION	D. 11

QUELQUES APPLICATIONS NOUVELLES DE LA T.S.F.,

par le général FERRIÉ,
membre de l'Institut. (1)

La transmission à distance de la pensée et de la parole, problème d'intérêt humain considérable, a recours à des procédés utilisant tous les phénomènes vibratoires. Ces derniers peuvent d'ailleurs être classés en deux grandes catégories :

1^o Phénomènes dont la propagation a pour support un milieu matériel à proprement parler (air, eau,...) ;

2^o Phénomènes ondulatoires de l'éther.

Les procédés utilisant la première classe de phénomènes sont actuellement peu nombreux. Il convient de citer pour mémoire les signaux sonores par cloches ou par émetteurs électromécaniques placés sous l'eau, et un mode de communication usité dans les travaux de mine, par chocs suivant un rythme convenu sur une paroi favorablement orientée.

A côté de ces méthodes simples, une place très importante vient d'être prise par l'utilisation des ultra-sons, vibrations matérielles de fréquence inaudible. On obtient de telles vibrations en amplifiant par des dispositifs appropriés le mouvement vibratoire des plaques d'un condensateur intercalé sur un circuit alimenté en courant alternatif. La réflexion de l'onde sonore sur un obstacle se traduit par un écho, reçu sur une plaque orientée normalement à la direction intéressante. La mesure du temps de propagation et la connaissance de la vitesse de l'ébranlement donnent immédiatement la distance de l'obstacle. Ce principe fut appliqué avant 1918

1. Conférence publique faite dans l'amphithéâtre de l'Ecole professionnelle supérieure des postes et télégraphes. Le texte publié ici a été rédigé par M. Huet, élève-ingénieur, d'après des notes prises par lui au cours de cette conférence.

à la navigation sous-marine, et depuis cette époque aux sondages des fonds marins, le profil du sol étant d'ailleurs automatiquement inscrit sur une bande le long du trajet suivi par le navire enregistreur.

Des essais d'application aux avions, et notamment au sondage du niveau du sol se sont heurtés à des difficultés provenant de l'absorption due à la compressibilité de l'air.

Les procédés de transmission utilisant les vibrations de l'éther sont bien plus nombreux. On peut les classer suivant la fréquence de la vibration utilisée :

1° A l'extrémité inférieure de la gamme des vibrations, on trouve le courant continu (télégraphie) ;

2° On peut ranger dans la catégorie suivante les courants alternatifs de basse fréquence qu'utilisent la téléphonie actuelle et certains procédés de télégraphie ;

3° Au dessus des fréquences audibles, on rencontre la gamme des fréquences dites *hertziennes*, dont le domaine s'étend sensiblement entre les fréquences 10.000 et 3.10^8 ; la variété de leurs applications conduit à les étudier spécialement plus loin ;

4° Au dessus des ondes hertziennes pratiquement utilisées, et à leur limite, se rangent les ondes dites *très courtes*, de longueur comprise entre 1 mètre et quelques centimètres environ ; leurs propriétés sont analogues à celles des ondes hertziennes ; mais elles n'ont pu être produites jusqu'ici qu'en laboratoire, avec des lampes ne mettant en jeu qu'une très faible puissance et par un procédé dû à M. Pierret, collaborateur de M. Gutton ; néanmoins, M. Beauvais a réussi à réaliser une transmission téléphonique à quelques dizaines de mètres sur des ondes de 16 centimètres environ ;

5° Après les ondes hertziennes très courtes, se placent les rayons calorifiques ; leur absorption rapide en a jusqu'ici empêché l'utilisation ;

6° Viennent ensuite les rayons infra-rouges, prolongement inférieur du spectre lumineux ; ces vibrations participent des propriétés des vibrations lumineuses ; on a réussi, depuis la guerre, à les utiliser en télégraphie et même en téléphonie ; leur invisibilité a conduit à des utilisations spéciales : si l'on désire, par exemple, surveiller

un chenal maritime et y déceler le passage d'un bâtiment, on peut le barrer par un pinceau de tels rayons : ce pinceau fermera normalement un circuit dont l'ouverture déclenchera un relais actionnant un appareil avertisseur ; de façon plus précise, on envoie un pinceau de rayons infra-rouges sur une cellule photo-électrique de sensibilité appréciable seulement pour la bande infra-rouge (par exemple, une couche sur quartz de sulfure de métaux lourds) : la variation de résistance de celle-ci produite par la rupture du pinceau permettra aisément le déclenchement du relais ; l'utilisation en téléphonie de ces vibrations peut être intéressante en montagne et par temps de brume ;

7° La gamme des infra-rouges se prolonge par celle des vibrations visibles, employées en télégraphie optique ;

8° Les rayons dits *ultra-violets* restent actuellement inutilisés, à cause de leur trop rapide absorption ;

9° Enfin, viennent les rayons X de plus en plus durs et les rayons γ du radium, dont l'absorption de plus en plus grande a interdit l'utilisation jusqu'à maintenant.

On a tenté sans succès de réaliser des vibrations plus rapides que les rayons γ . On a pu néanmoins constater que de telles vibrations existaient dans la nature. En effet, si l'on augmente graduellement l'épaisseur du plomb de l'enveloppe d'un électroscope sur lequel on envoie des rayons γ , on peut arriver à les absorber complètement. Cependant l'électroscope continue à se décharger pour des épaisseurs de plomb encore supérieures ; l'enveloppe est donc traversée par des vibrations plus rapides. On a pu vérifier que la rapidité de décharge de l'électroscope croît avec l'altitude ; on est ainsi conduit à supposer à ces rayons ultra-pénétrants une origine extra-terrestre. L'hypothèse la plus plausible consiste à leur donner le soleil comme origine. Celui-ci émet, en effet, des particules cathodiques (cette émission ayant donné lieu, d'ailleurs, à une interprétation des aurores boréales). Le choc de ces particules sur les gaz de la haute atmosphère peut non seulement les ioniser, mais peut-être même donner naissance à des vibrations ultra-rapides suivant un processus analogue à celui qui donne naissance aux rayons X.

Il pourrait être intéressant pour l'esprit de discuter les possi-

bilités, actuellement philosophiques, d'émission de rayons par les corps vivants et l'identité de la pensée à un mouvement vibratoire. Mais il paraît d'un intérêt plus direct d'approfondir les applications des ondes hertziennes à la radiotransmission.

* * *

Les premiers postes importants d'émission radiotéléphonique et radiotélégraphique, et encore aujourd'hui les stations de grande puissance (Bordeaux, S^{te} Assise,...) utilisaient les ondes dites longues (8000 à 25000 mètres) et mettaient en jeu des puissances importantes (jusqu'à 500 kilowatts). Une telle conception paraissait être une conséquence des expériences de Hertz, qui utilisait pour l'émission les trains d'onde produits par la décharge d'un condensateur. Les grandes antennes ayant une plus grande capacité, leur énergie électrostatique, pour une différence de potentiel donnée, était plus grande que celle des petites antennes. Il était donc possible d'y mettre plus de puissance, et par suite d'avoir une portée d'émission plus grande. Les travaux d'Austin sur la propagation semblaient confirmer cette opinion.

Mais l'apparition de la lampe triode allait modifier le cours des recherches. Elle permettait, en effet, la production d'ondes plus courtes que celles d'un arc ou d'un alternateur. Les travaux de M. Gutton en hâtèrent l'utilisation pratique, et pendant la guerre même on constata que les ondes courtes convenaient fort bien pour les transmissions à faible portée. Cependant, bientôt après, on arrivait à réaliser une liaison Paris—Marseille, et un amateur américain, que la formule d'Austin ne troublait pas, eut l'idée de communiquer sur ondes courtes avec l'Angleterre ; il y réussit instantanément avec une puissance inférieure à 1 kilowatt. Peu après, deux amateurs français réussirent à établir une communication bilatérale avec leur collègue américain.

Comment expliquer ces résultats ? Eccles a suggéré que ces ondes s'incurvent en s'éloignant du sol, par suite d'une ionisation de l'air de plus en plus marquée, et se réfléchissent enfin sur une couche supérieure très ionisée conductrice, suivant un phénomène ressemblant assez au mirage.

La propagation de ces ondes est d'ailleurs très capricieuse. Pour une émission déterminée, il existe, à la surface du globe, des zones d'audition minimum très marquées (zones de silence); et même, en un point donné, l'intensité de la réception dépend, suivant des lois encore inconnues, de l'heure, du jour de l'année, des conditions atmosphériques, et naturellement de la longueur d'onde. Ces faits ont amené, en vue d'obtenir des résultats pratiques, à faire varier la longueur d'onde des postes d'émission suivant l'heure de la journée et à utiliser des rideaux réflecteurs.

Des essais d'étude de la couche conductrice de la haute atmosphère, dite couche de Kennelly-Heaviside, ont été tentés. Appleton a observé en un point l'interférence de l'onde qui s'est propagée à la surface du sol avec celle qui s'est réfléchi sur la couche de Heaviside. On peut déduire de cette expérience l'altitude de la couche réfléchissante. Il a obtenu des résultats très variables : si l'altitude moyenne semble être de 100 kilomètres, elle peut descendre à 50 kilomètres ou atteindre 200 et même 300 kilomètres, et elle varie en outre rapidement à des instants successifs. Ceci conduit à penser que la couche en question est constituée par des nuages d'électrons et de gaz ionisés, dont l'altitude et la forme varient suivant l'heure ou le jour. Les coupures observées parfois dans la transmission des images par ondes courtes s'expliqueraient par les mouvements de tels nuages.

Divers expérimentateurs constatèrent d'autre part la production d'échos, perçus à des intervalles de temps variables, après la production de signaux très brefs. En particulier, au début de cette année, M. Jouaust, étudiant entre la tour Eiffel et St Cyr la durée de transmission de signaux sur ondes courtes, constata que l'émission d'un top se traduisait à la réception par un top inscrit au bout du temps normal de propagation, curieusement suivi de deux échos se succédant à $1/100$ de seconde, ce qui représente un trajet de 3000 kilomètres si l'on admet la vitesse normale de propagation de 300.000 kilomètres à la seconde. Appleton attribue ce phénomène à une variation de la vitesse de propagation, due au passage de l'onde dans les milieux ionisés de la haute atmosphère. On peut montrer en effet que, pour une certaine densité ionique, la vitesse

de groupe devient très faible. Cette hypothèse séduisante prête à des objections sérieuses lorsqu'il s'agit d'expliquer les observations suivantes : Il y a deux mois, M. Störmer (Norvège) entreprit l'étude des échos en opérant en liaison avec un poste hollandais. Le 11 octobre, il observa des échos extraordinaires. Son signal de trois traits se répéta en effet, au cours de toute cette journée d'expérimentation, à des intervalles de 3, 4, 6 et même 12 secondes. Le phénomène a été réobservé depuis. Il semble qu'il puisse provenir d'une réflexion accidentelle sur un de ces jets d'électrons que certaines parties du soleil repoussent dans l'espace sidéral vers les planètes. La rareté du phénomène observé par Störmer s'expliquerait par la rareté des cas où les ondes émises sur la Terre peuvent franchir la couche de Kennelly-Heaviside et par la faible probabilité d'une réflexion convenable sur un des jets d'électrons n'aboutissant pas à la Terre.

Cette étude de la haute atmosphère a d'ailleurs conduit à des observations extrêmement intéressantes. MM. Fabry et Buisson ont montré qu'il existait, à une altitude d'environ 50 kilomètres, une couche d'ozone de quelques centimètres d'épaisseur. On a également tout lieu de penser qu'il existe une zone dans laquelle la température redevient du même ordre que la température du sol avant de redécroître ensuite. La propagation des ondes courtes se présente actuellement comme l'un des moyens les plus pénétrants d'étude de la haute atmosphère.

Arrêtant ici cette digression, résumons brièvement les perfectionnements techniques et l'importance sociale actuelle des applications des ondes hertziennes.

Les transmissions radiotélégraphiques se développent rapidement. Les nations, même les plus petites, attachent un grand intérêt à posséder au moins un poste d'Etat qui leur permette, sans avoir recours à des câbles étrangers, de recevoir de tous les points du globe ou de transmettre à tous leurs ressortissants tout message utile.

La radiotéléphonie, d'autre part, se développe assez lentement, et ses applications, quoiqu'il en paraisse, demeurent quant à présent restreintes. En effet, les liaisons radiotéléphoniques à longue distance se réduisent actuellement sensiblement à l'unique liaison Rugby—New-York, et encore la communication est-elle extrême-

ment sensible aux perturbations atmosphériques. La cause en réside notamment dans l'étalement de la bande de fréquences indispensable à une transmission correcte de la parole, étalement qui oppose, par surcroît, de sérieuses difficultés à l'augmentation du nombre des postes. Il y a enfin la radiodiffusion qui est actuellement un admirable moyen d'amélioration de la culture individuelle, sous réserve toutefois que l'indolence du ciel et la cacophonie des postes voisins ne rendent pas la réception impossible pour l'amateur pourvu de modestes moyens.

L'utilisation des ondes courtes a favorisé l'extension de la radiotélégraphie en augmentant la gamme des longueurs d'onde disponibles pour cet usage. Mais les liaisons réalisées ne sont pas encore parfaitement sûres et régulières, malgré les progrès apportés par l'emploi des projecteurs d'onde et la variation de la longueur d'onde d'émission suivant l'heure de la journée. Il est intéressant de signaler qu'on envisage dès à présent, lorsque le nombre des postes émetteurs deviendra supérieur à celui des longueurs d'onde utilisables sans brouillage, l'émission d'ondes complexes résultant de la superposition, suivant une loi déterminée, de deux ondes simples.

Parallèlement à la radiotransmission de la parole, s'est développée la radiotransmission de l'image. M. Belin a réalisé des dispositifs pratiques pour la transmission de photographies (ce qui est d'un grand intérêt journalistique), de dessins, de l'écriture (belinogrammes). On espère rendre ainsi possible la transmission instantanée des croquis pris par l'observateur d'avion.

La transmission d'images se succédant très rapidement, c'est-à-dire celle du cinéma, ne semble pas irréalisable.

La télévision, qui résoudrait le problème de la vue à distance, a donné lieu à des réalisations intéressantes de M. Belin, de la Western Electric Co, de Karolus en Allemagne et de Baird en Angleterre. Son intérêt pratique éventuel paraît peu considérable quant à présent.

Nous ne parlerons pas de la télé mécanique, déplacement d'objets mobiles par commande à distance, problème dont l'intérêt semble surtout militaire.

Par contre, il convient de signaler les progrès que la transmission de l'heure par T.S.F. a fait réaliser à la navigation et à la géo-

désie. Récemment, cinquante-deux observatoires ont pris part à une opération internationale ayant pour but la révision de la carte du monde. La connaissance de l'heure à moins de $1/100$ de seconde près a permis de déterminer, par des observations astronomiques et par des signaux de T.S.F., la position relative de ces observatoires à moins de 4 mètres près en général. On espère, en reprenant ces expériences dans quelques années, pouvoir déterminer notamment si les continents, comme le pensent certains géologues, se déplacent lentement les uns par rapport aux autres.

La précision apportée à la connaissance de l'heure en un point quelconque du globe n'a d'ailleurs pris toute sa valeur qu'à la suite des perfectionnements apportés par la technique des vibrations aux horloges astronomiques. On constate en effet que les horloges les plus précises présentent, pour des battements successifs, des différences de durée pouvant atteindre quelques millièmes de seconde, différences se compensant d'ailleurs presque entièrement, puisque l'erreur moyenne d'une journée n'atteint pas un centième de seconde. Ces erreurs sont dues aux organes mécaniques, ressorts, etc... Si l'on associe un pendule à une cellule photo-électrique, par l'intermédiaire du faisceau lumineux réfléchi vers un miroir fixé au pendule, on obtient un courant périodique qui, amplifié, permet d'entretenir le mouvement du pendule sans aucun des inconvénients des échappements mécaniques. Des réalisations de ce genre ont déjà été faites à l'observatoire de Paris.

L'heure de passage d'une étoile au fil du réticule d'une lunette astronomique peut être également connue sans qu'intervienne « l'équation personnelle » de l'astronome, par une méthode analogue à la précédente. On dispose derrière l'oculaire une cellule photo-électrique. Le passage de l'étoile derrière un des fils verticaux du réticule se traduit par un brusque crochet dans l'intensité du courant engendré par l'action de la lumière de l'étoile sur la cellule. Il suffit dès lors d'inscrire simultanément sur une bande ladite intensité et l'heure d'une horloge électrique. Seule, la sensibilité de la cellule, associée à des amplificateurs spéciaux à triodes, limite l'utilisation de cette méthode. Jusqu'ici, on l'a appliquée jusqu'aux étoiles de troisième grandeur.

Il faut encore signaler le rôle de la T.S.F. dans la météorologie. Elle a permis la centralisation rapide des observations et par suite l'établissement fréquent des cartes isobares, d'où découle la prévision du temps. On commence d'ailleurs, inversement, à étudier l'influence des conditions météorologiques dans la basse atmosphère sur la propagation des ondes.

La chimie industrielle elle-même utilise les courants de haute fréquence pour la production des hautes températures dans les fours à quartz, à métaux précieux, etc... Il n'est pas jusqu'aux géologues qui ne tentent actuellement de rechercher l'effet de la nature du sous-sol sur la propagation des ondes en vue d'un retournement ultérieur du problème, par l'application des ondes à la prospection du sous sol. Malheureusement, l'expérimentation est fort délicate.

Enfin il convient de rappeler l'utilisation déjà lointaine des ondes électromagnétiques en médecine. M. d'Arsonval avait, dès avant 1900, envisagé par ce moyen le traitement de certaines maladies. De nos jours, la possibilité pratique de produire des courants de haute fréquence a conduit les médecins à rechercher les fréquences les plus favorables à la thérapeutique.

D'ailleurs, l'ère des perfectionnements et des découvertes n'est pas close dans le domaine des ondes électromagnétiques. Il convient d'espérer qu'une collaboration étroite de ceux qui cherchent et de ceux qui appliquent permettra dans l'avenir à la France de se maintenir, dans cette exploitation, au rang qu'elle a tenu dans le passé (1).

1. A la suite de la conférence de M. le général Ferrié, de fort intéressantes expériences ont été présentées par MM. Beauvais (ondes de 20 centimètres), Fournier et Galle (applications diverses des rayons infra-rouges, et notamment réalisation d'une communication par télétype, au moyen d'émission de rayons infra-rouges correspondant aux signaux transmis).

Contribution à l'étude de
L'AMÉLIORATION DES CONDITIONS DE RÉCEPTION
DES SIGNAUX TÉLÉGRAPHIQUES

par l'emploi de certains dispositifs terminaux.

par **L.-J. COLLET,**
ingénieur des Postes et Télégraphes.

Bien que les lignes télégraphiques modernes possèdent une inductance appréciable, bien que l'avenir immédiat semble réservé à la télégraphie harmonique, il n'est peut-être pas sans intérêt de poursuivre l'étude des problèmes relatifs à l'exploitation des lignes sans inductance au moyen des procédés classiques. L'importance du réseau existant de câbles sous-marins justifie la recherche des conditions les meilleures de leur emploi. Il semble même, à l'heure actuelle, que les câbles sous-marins de moyenne longueur qui seront établis dans l'avenir le plus proche seront du type traditionnel. D'un autre côté, les méthodes d'analyse à appliquer pour l'étude du problème considéré conserveront toujours leur puissance ; peut-être même la connaissance des résultats acquis alors sera-t-elle de quelque utilité dans la suite des recherches.

Depuis fort longtemps déjà, on sait qu'il est possible d'améliorer le rendement des lignes télégraphiques en disposant, aux extrémités de ces lignes, des assemblages convenables de résistances, de condensateurs, de bobines d'inductance. Les équipements le plus couramment employés sont les condensateurs de blocage, les condensateurs shuntés, les bobines de décharge, inductives ou non. Depuis peu d'années, différents brevets ont été pris en Allemagne et en Amérique au sujet de combinaisons de ces divers éléments, dont l'emploi est particulièrement avantageux.

Un problème dont il serait très utile de connaître la solution serait évidemment de déterminer les valeurs que devraient avoir

les caractéristiques électriques des éléments de tels dispositifs pour que l'on pût obtenir une amélioration désirée du rendement d'une liaison télégraphique... Il ne semble pas que ce problème ait reçu jusqu'à présent de solution définitive qui soit entrée dans le domaine public. Une solution partielle, excellente d'ailleurs, a été indiquée assez récemment par K.-W. Wagner, mais sans les justifications ou explications que permettraient d'en généraliser l'application. Si donc, pour quelque raison, on désire ne pas s'en tenir à cette solution, il semble que l'on n'ait guère d'autres ressources que de multiplier les tâtonnements. En suivant la voie montrée notamment par Malcolm et Kunert, on peut assez facilement, mais au prix de calculs fastidieux, se rendre compte de la valeur d'un dispositif simple, de caractéristiques électriques bien déterminées. L'objet de cette étude est de compléter les travaux des auteurs cités, par le développement de quelques considérations qui paraissent susceptibles de guider les recherches et de limiter les tâtonnements en permettant notamment de discuter sans trop de calculs comment varie la forme des courants de réception lorsqu'on apporte quelque modification aux dispositifs installés à l'extrémité des câbles.

CONDITIONS FAVORABLES DE RÉCEPTION DES SIGNAUX TÉLÉGRAPHIQUES.

Dans cette étude, nous n'examinerons que le cas où l'émission des courants télégraphiques se fait en appliquant une tension continue soit à l'origine même du câble, soit à l'origine d'un réseau électrique placé devant le câble.

Nous supposerons que la réception télégraphique se fait en commandant un récepteur (relais ou organe enregistreur quelconque) soit par les courants qui sortent du câble, soit par les courants qui sortent d'un réseau électrique placé à la sortie du câble.

Dans ce cas, l'ensemble du câble et de ses installations terminales est caractérisé entièrement, quant aux possibilités qu'il offre à l'exploitation, par la loi de variation de l'intensité du courant traversant le récepteur lorsqu'à partir d'un certain instant, alors que le câble est électriquement au repos, on applique à l'origine de la

liaison une force électromotrice constante de valeur déterminée.

Connaissant cette loi de variation, on peut en effet déterminer la courbe de l'intensité du courant qui traverse le récepteur lorsqu'on émet à l'origine une suite quelconque de signaux télégraphiques. On peut ainsi s'assurer que le récepteur enregistre ou non ces signaux avec la fidélité nécessaire pour permettre la traduction.

Ce degré de fidélité nécessaire dépend évidemment de la manière dont la traduction est commandée par l'organe enregistreur. Il n'est pas le même lorsque la traduction est faite par une personne qui examine la bande d'un siphon, ou lorsqu'elle est faite par un appareil mécanique commandé par un relais...

Dans les deux cas, cependant, une même circonstance est favorable à l'emploi de vitesse de transmission grandes : c'est que la courbe de l'intensité du courant correspondant à l'établissement d'un régime constant se détache aussi rapidement que possible de la ligne dont l'ordonnée représente une valeur nulle de l'intensité.

Dans le cas d'une réception avec traduction automatique (auquel nous nous intéresserons spécialement), une autre circonstance est également avantageuse, c'est que la durée d'établissement d'un régime permanent soit aussi réduite que possible.

Il est enfin une condition dont il faut tenir compte nécessairement : les appareils récepteurs ont une sensibilité limitée, et par ailleurs les courants de signalisation peuvent être accompagnés de courants parasites. Si l'on consentait à assurer à l'arrivée une amplification des courants aussi grande qu'il serait nécessaire, la vitesse maximum de transmission ne dépendrait, en théorie, que de la forme des courbes d'intensité de courant. En pratique, l'intensité effective des courants qui sortent du câble doit demeurer notablement supérieure à l'intensité des courants parasites. D'un autre côté, en vue de simplifier l'exploitation, on doit toujours essayer de réduire autant qu'il est permis le degré d'amplification nécessaire, afin de ne pas compliquer exagérément les installations.

Si l'on admet que la condition d'amplitude suffisante des signaux reçus est définie dans chaque cas particulier, on voit que, sous la réserve que cette condition demeure satisfaite, le but à atteindre pour obtenir un bon rendement des câbles est d'une part,

de produire une ascension rapide de la courbe de l'intensité du courant à son début, d'autre part de faire en sorte que cette courbe se rapproche le plus tôt possible de la ligne dont l'ordonnée représente l'intensité du courant permanent.

Dans ce qui suit, nous examinerons successivement, en utilisant des méthodes différentes de calcul, ces deux phases du phénomène.

Rappel du principe de similitude. — Une ligne homogène sans inductance ni perditance (que nous appellerons toujours, dans la suite, un *câble*), est entièrement définie, quant à ses qualités de transmission, par sa résistance totale P et sa capacité totale $\mathcal{C}$. Le produit de ces deux quantités est homogène à un temps, et la valeur de $\mathcal{C}P$ s'appelle la constante de temps du câble.

Considérons un câble pourvu d'installations terminales.

Si l'on convient d'adopter, dans les calculs, comme unité de tension, la tension continue appliquée à l'origine de la ligne,

comme unité d'intensité, l'intensité du courant permanent traversant le câble lorsqu'à son origine est appliquée directement l'unité de tension, et lorsque son extrémité est en court-circuit,

comme unité de résistance, la résistance totale du câble,

comme unité de capacité, sa capacité totale,

comme unité de temps, sa constante de temps,

et, s'il y a lieu, comme autres unités, des unités formant avec celles qui viennent d'être définies un système cohérent, on obtient ainsi des formules absolument générales, valables pour tous les cas homologues.

Dans le cours de cette étude, nous adopterons toujours ces conventions.

Rappel du principe de réciprocité. — Considérons un câble pourvu d'une installation terminale dont une des branches comprend un appareil récepteur.

Lorsqu'à l'origine du câble on applique une tension donnée, la branche comprenant le récepteur est parcourue par un certain courant.

Si l'on met en court-circuit l'origine du câble, si l'on ouvre le branchement comportant le récepteur, et si l'on applique, entre les extrémités nouvelles du réseau terminal, la même force électromotrice que précédemment, on observera, dans le court-circuit placé à l'origine du câble, la même intensité que celle du courant qui a traversé précédemment le récepteur.

Cette proposition est d'ailleurs plus générale. Elle serait valable dans le cas d'une liaison constituée au moyen d'un câble pourvu à ses deux extrémités de dispositifs terminaux : l'origine de la liaison jouerait alors le rôle que jouait l'origine du câble.

Nous n'examinerons, dans cette étude, que le cas d'une seule installation terminale, qui pourrait donc être placée indifféremment à l'origine ou à l'extrémité du câble, si le récepteur n'a aucune résistance et peut être assimilé à une liaison de court-circuit. Pour la commodité de l'exposition, nous supposerons l'installation terminale placée à l'extrémité du câble.

Le théorème de réciprocité, que nous venons de rappeler, n'est relatif qu'aux courants passant dans la branche de réception. En particulier, l'intensité à l'origine de la liaison ne demeure pas la même quand on change le sens de la transmission. Il n'existe pas non plus d'équivalence entre les tensions aux bornes des branches réceptrices, ce qui va de soi puisque rien ne définit de telles branches et qu'un des éléments qui constitue l'une d'elles peut être considéré comme la branche réceptrice elle-même.

Première expression de l'intensité du courant sortant d'un câble. — Toute expression correcte de l'intensité du courant sortant d'un câble devrait, en principe, permettre de discuter la forme de la courbe de l'intensité dès le début d'un signal : cependant, les diverses expressions que l'on peut donner, quoiqu'équivalentes entre elles, ne se prêtent pas aussi aisément à la discussion.

Il semble que, pour analyser le début du phénomène, on ait avantage à utiliser une équation intégrale dont l'intérêt paraît avoir été montré par J.-R. Carson, dans ses importantes études sur la théorie du circuit électrique.

Soit un câble dont la résistance et la capacité sont respectivement égales à l'unité.

Lorsque ce câble est mis en court-circuit à son extrémité, et lorsqu'à partir de l'origine des temps on applique directement à l'origine du câble une force électromotrice constante et permanente, il sort du câble, à son extrémité, un courant dont la loi de variation est bien connue : sa courbe représentative est la courbe de Thomson.

Désignons par J_e l'intensité de ce courant sortant du câble. On peut rappeler que :

$$(1) \quad J_e = 2\sqrt{\frac{1}{\pi t}} \sum_{i=0}^{\infty} \exp\left(-\frac{(2i+1)^2}{4t}\right) = 1 + 2 \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^k \exp(-k^2 \pi^2 t).$$

D'autre part, désignons par J_o l'intensité du courant entrant dans le câble à l'origine. On sait également que :

$$(2) \quad J_o = \frac{1}{\sqrt{\pi t}} \left[1 + 2 \sum_{i=1}^{\infty} \exp\left(-\frac{(2i)^2}{4t}\right) \right] = 1 + 2 \sum_{k=1}^{\infty} \exp(-k^2 \pi^2 t)$$

Nous pouvons noter que ces fonctions possèdent les propriétés suivantes :

La fonction J_e est toujours positive et croissante. Ses dérivées des différents ordres sont toutes nulles pour $t = 0$ et commencent toutes par être positives.

La fonction J_o est infinie pour $t = 0$ et tend vers 1 lorsque t devient infini. Elle est toujours décroissante. Toutes ses dérivées sont également infinies pour $t = 0$, mais alternativement négatives et positives. Elles tendent vers zéro quand t devient infini.

La fonction J_o , ainsi que ses dérivées des différents ordres, sont égales à des sommes d'exponentielles, d'exposant négatif, multipliées chacune par un coefficient de signe uniforme.

Ceci étant, supposons maintenant que, le câble étant toujours en court-circuit à son extrémité, on applique à son origine une tension variable $f(t)$.

On peut démontrer que, dans ces conditions, l'intensité du courant sortant du câble à son extrémité est représentée par :

$$(3) \quad I_e = \frac{d}{dt} \int_0^t f(\tau) J_e(t-\tau) d\tau = \frac{d}{dt} \int_0^t J_e(\tau) f(t-\tau) d\tau.$$

De même, l'intensité du courant entrant dans le câble à son origine est représentée par :

$$(4) \quad I_0 = \frac{d}{dt} \int_0^t f(\tau) \mathcal{J}_0(t-\tau) d\tau = \frac{d}{dt} \int_0^t \mathcal{J}_0(\tau) f(t-\tau) d\tau.$$

Il suffit d'appliquer maintenant le principe de la superposition des solutions de l'équation du câble, pour obtenir l'expression générale de l'intensité du courant sortant du câble, lorsqu'on applique directement à son origine la tension de valeur égale à l'unité, et lorsque l'extrémité du câble est fermée sur un réseau électrique quelconque.

En effet, si V_e est la tension à l'extrémité du câble, l'intensité du courant sortant du câble est égale à :

$$(5) \quad I_e = \mathcal{J}_e - \frac{d}{dt} \int_0^t V_e(\tau) \mathcal{J}_0(t-\tau) d\tau = \mathcal{J}_e - \frac{d}{dt} \int_0^t \mathcal{J}_0(t) V_e(t-\tau) d\tau.$$

Quant à V_e , il est relié à I_e par une certaine relation qui caractérise le réseau terminal.

L'élimination de V_e entre cette relation et l'équation précédente donnerait l'équation intégrale (ou integro-différentielle) permettant le calcul de I_e .

D'un autre côté, dès que I_e est connu, on peut en déduire l'intensité du courant dans le récepteur, en tenant compte des propriétés du réseau.

Dans bien des cas, et notamment quand le réseau est simple, J.-R. Carson a montré que la solution numérique de l'équation (5), pouvait s'effectuer assez aisément. Nous verrons dans la suite que, même dans le cas de réseaux assez complexes, d'un certain genre, l'équation (5) permet une discussion facile de l'allure de la courbe de l'intensité du courant sortant du câble, dès les premiers instants de la formation du signal.

On peut donner une expression de la tension à la sortie du câble, semblable à celle de l'intensité.

Désignons par $\mathcal{V}_e$ l'expression de la tension à la sortie du câble lorsque, cette extrémité étant isolée, on applique à l'origine une force électromotrice de valeur égale à l'unité.

D'autre part, désignons par $\mathcal{V}_0$ l'expression de la tension

qu'il faudrait appliquer à l'origine du câble, supposé en court-circuit à son extrémité, pour que l'intensité du courant entrant dans le câble jusqu'alors nulle, prît la valeur + 1 et la conservât indéfiniment :

Les fonctions $\mathfrak{V}_e$ et $\mathfrak{V}_0$ sont bien connues. Elles ont pour expression :

$$(6) \quad \mathfrak{V}_e = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{1}{2\sqrt{t}}} \sum_{i=0}^{\infty} (-1)^i (2i+1) \exp(-(2i+1)^2 u^2) du =$$

$$= 1 - \frac{4}{\pi} \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k \frac{\exp\left(-\frac{(2k+1)^2 \pi^2 t}{4}\right)}{2k+1};$$

$$(7) \quad \mathfrak{V}_0 = \int_0^t \frac{1}{\sqrt{\pi t}} \left[1 + 2 \sum_{i=1}^{\infty} (-1)^i \exp\left(-\frac{(2i)^2}{4t}\right) \right] dt =$$

$$= 2 \int_0^t \sum_{k=0}^{\infty} \exp\left(-\frac{(2k+1)^2 \pi^2 t}{4}\right) dt.$$

Ces deux fonctions $\mathfrak{V}_e$ et $\mathfrak{V}_0$ sont nulles pour $t = 0$. Elles sont toujours positives et croissantes.

Ceci étant, soient encore V_e la tension à la sortie du câble, et I_e l'intensité du courant sortant du câble à son extrémité. On a la relation :

$$(8) \quad V_e = \mathfrak{V}_e - \frac{d}{dt} \int_0^t I_e(\tau) \mathfrak{V}_0(t-\tau) d\tau = \mathfrak{V}_e - \frac{d}{dt} \int_0^t \mathfrak{V}_0(\tau) I_e(t-\tau) d\tau.$$

Remarques préliminaires. — Avant d'appliquer les équations générales qui viennent d'être écrites à l'étude de quelques cas particuliers, nous allons établir quelques relations qui seront utiles dans la suite.

A. Produits de composition. Les expressions du type

$$\int_0^t f(\tau) g(t-\tau) d\tau$$

portent le nom de *produit de composition* des fonctions f et g . Il est aisé de vérifier directement que, dans le produit de composition, les fonctions f et g sont permutables.

La dérivée, par rapport au temps, d'un produit de composition

se calcule suivant la règle de dérivation sous le signe d'intégration. Cela exige quelque précaution lorsqu'une des deux fonctions f ou g devient infinie pour une des limites d'intégration.

Cependant, supposons que, la fonction f devenant infinie pour une valeur nulle de la variable, la fonction $f(\tau) g'(t-\tau)$ demeure continue pour toute valeur de τ inférieure à t , et notamment, pour $\tau = 0$; supposons en outre, que l'intégrale

$$\int_0^t f(\tau) g'(t-\tau) d\tau$$

soit uniformément convergente pour τ compris entre 0 et t , on a alors, pour expression de la dérivée du produit de composition des fonctions f et g :

$$(9) \quad \frac{d}{dt} \int_0^t f(\tau) g(t-\tau) d\tau = f(t) g(0) + \int_0^t f(\tau) g'(t-\tau) d\tau = \\ = f(t) g(0) + \int_0^t g'(\tau) f(t-\tau) d\tau.$$

Ces conditions se trouvent naturellement satisfaites dans les cas d'application de la formule (5), qui devient ainsi, en tenant compte de ce que, pour $t = 0$, $V_e = 0$:

$$(10) \quad I_e = \mathcal{J}_e - \int_0^t V'_e(\tau) \mathcal{J}_0(t-\tau) d\tau = \mathcal{J}_e - \int_0^t V'(t-\tau) \mathcal{J}_0(\tau) d\tau.$$

Plus généralement, tant que les conditions nécessaires sont satisfaites,

$$(11) \quad I_e^{(n)} = \mathcal{J}_e^{(n)} - \int_0^t V_e^{(n+1)}(\tau) \mathcal{J}_0(t-\tau) d\tau = \\ = \mathcal{J}_e^{(n)} - \int_0^t V_e^{(n+1)}(t-\tau) \mathcal{J}_0(\tau) d\tau.$$

D'autre part, sans qu'il soit besoin de prendre de précautions pour la différenciation, on peut remplacer la formule (8) par:

$$(12) \quad V = \mathfrak{V}_e - \int_0^t I'_e(\tau) \mathfrak{V}'_0(t-\tau) d\tau = \mathfrak{V}_e - \int_0^t I_e(\tau) \mathfrak{V}'_0(t-\tau) d\tau.$$

Dans l'expression de V , la dérivation peut porter sur la fonction $\mathfrak{V}'_0$, bien que $\mathfrak{V}'_0(0)$ soit infini, car le produit de composition de I par $\mathfrak{V}'_0$ demeure continu pour toute valeur de τ comprise dans l'intervalle de 0 à t .

B. Remarques sur le sens de variation des produits de composition. — a) Si, dans l'intervalle compris entre 0 et t , une des deux fonctions f ou g n'est jamais décroissante et est positive, on est assuré que leur produit de composition est une fonction croissante, au moins tant que la seconde fonction est positive.

b) D'autre part, considérons le cas où l'une des deux fonctions, g par exemple, est positive et toujours décroissante.

Supposons que la fonction f , positive pour une valeur de la variable comprise entre 0 et t_1 , s'annule pour la valeur t_1 et devienne ensuite négative. On est assuré que, pour $t = t_1$, le produit de composition est une fonction décroissante (ou, du moins, non croissante).

c) Considérons le cas où la fonction g est positive, toujours décroissante et satisfait en outre à la condition :

$$(13) \quad gg'' - g'^2 \geq 0.$$

Supposons que la fonction f remplisse les conditions suivantes :

$$(14) \quad \begin{cases} f(\tau) > 0 & \text{pour } 0 < \tau < t_1, \\ f(\tau) < 0 & t_1 < \tau < t_2, \\ f(\tau) > 0 & t_2 < \tau. \end{cases}$$

Examinons ce que devient, à l'instant t_2 et immédiatement après, la fonction

$$(15) \quad F(t) = \int_0^t f(\tau) g(t - \tau) d\tau.$$

On a :

$$F(t_2) = \int_0^{t_1} f(\tau) g(t_2 - \tau) d\tau + \int_{t_1}^{t_2} f(\tau) g(t_2 - \tau) d\tau.$$

La première intégrale est positive ; la seconde, négative. Or, du seul fait que la fonction g est toujours décroissante,

$$\begin{array}{ll} \text{pour} & 0 < \tau < t_1, & g(t_2 - \tau) < g(t_2 - t_1); \\ \text{pour} & t_1 < \tau < t_2, & g(t_2 - \tau) > g(t_2 - t_1). \end{array}$$

Ainsi,

$$(16) \quad F(t_2) < g(t_2 - t_1) \int_0^{t_2} f(\tau) d\tau.$$

Si donc on sait que $F(t_2)$ est positif, on est assuré que l'intégrale de f , prise entre 0 et t_2 , est elle-même positive.

Ceci étant, voyons à quoi correspond la condition

$$gg'' - g'^2 \geq 0.$$

Soit θ une valeur quelconque de la variable. La condition précédente signifie que

$$\frac{d}{d\theta} \cdot \frac{g}{g'} \geq 0.$$

Ainsi, h étant un accroissement positif quelconque de la variable,

$$\frac{g'(\theta + h)}{g(\theta + h)} = \frac{g'(\theta)}{g(\theta)} + \varepsilon,$$

ε étant une quantité positive.

Comme g est, par hypothèse, essentiellement positif, on peut encore écrire, en désignant par ε' une quantité positive :

$$\frac{g'(\theta + h) - \varepsilon'}{g(\theta + h)} = \frac{g'(\theta)}{g(\theta)},$$

ou :

$$\frac{g(\theta + h)}{g(\theta)} = \frac{g'(\theta + h) - \varepsilon'}{g'(\theta)},$$

d'où l'on déduit que, si k est un autre accroissement positif de la variable,

$$\frac{g(\theta + h)}{g(\theta)} = \frac{g(\theta + h + k) - \lambda \varepsilon}{g(\theta + k)},$$

λ étant encore une quantité positive.

Ainsi, en résumé :

$$(17) \quad \frac{g(\theta + h + k)}{g(\theta + k)} > \frac{g(\theta + h)}{g(\theta)}.$$

Revenons maintenant au problème énoncé.

Donnons respectivement à θ , h et k les valeurs :

$$(18) \quad \left. \begin{array}{l} \theta = t_2 - t_1, \\ h = t - t_2, \\ k = t_1 - \tau_1, \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{puis } \theta = t_2 - \tau_2, \\ h = t - t_2, \\ k = \tau_2 - t_1. \end{array}$$

pour $0 < \tau_1 < t_1$ pour $t_1 < \tau_2 < t_2$

et $t > t_2$.

On a :

$$(19) \quad \frac{g(t - \tau_1)}{g(t_2 - \tau_1)} > \frac{g(t - t_1)}{g(t_2 - t_1)} > \frac{g(t - \tau_2)}{g(t_2 - \tau_2)}.$$

D'autre part,

$$F(t) = \int_0^{t_1} f(\tau_1) g(t - \tau_1) d\tau_1 + \int_{t_1}^{t_2} f(\tau_2) g(t - \tau_2) d\tau_2 + \int_{t_2}^t \dots$$

La première intégrale est à termes constamment positifs. La seconde est à termes constamment négatifs. Nous admettons que, de t_2 à t , la fonction f demeure positive, de telle sorte que la troisième intégrale est positive.

Des inégalités que nous venons d'établir, résulte que

$$(20) \quad F(t) > \frac{g(t - t_1)}{g(t_2 - t_1)} \int_0^{t_2} f(\tau) g(t_2 - \tau) d\tau,$$

soit :

$$(21) \quad F(t) > \frac{g(t - t_1)}{g(t_2 - t_1)} \cdot F(t_2).$$

Ainsi, si, à l'instant t_2 où f s'annule et redevient positif, la fonction F a une valeur négative, on est assuré que cette fonction est alors croissante. Si, au contraire, à cet instant, la fonction F a une valeur positive on est assuré que cette fonction ne peut jamais devenir négative tant que f demeure positive.

d) Les propositions précédentes peuvent être généralisées : si le noyau g répond toujours aux conditions indiquées, et si, pour toute valeur de t comprise entre 0 et t_{2n} , alors que la fonction f , d'abord positive de 0 à t_1 , change $2n$ fois de signe aux instants $t_1, t_2, t_3, \dots, t_{2n}$, la fonction $F(t)$ demeure positive, on est assuré que,

$$\text{pour } 0 < t < t_{2n}, \quad \int_0^t f(\tau) d\tau > 0;$$

pour $t > t_{2n}$ (alors que, dans l'intervalle de t_{2n} à t , f demeure positive), $F(t) > 0$.

Si, au contraire, $F(t)$ est demeurée positive dans tout l'intervalle compris entre 0 et t_{2n-1} , et si $F(t_{2n}) < 0$, on est assuré que

$$F'(t_{2n}) > 0.$$

La démonstration de ces propriétés se fait aisément par récurrence. Ainsi, on a :

$$F(t_{2n}) = \int_0^{t_{2n-2}} f(\tau) g(t_{2n} - \tau) d\tau + \int_{t_{2n-2}}^{t_{2n}} f(\tau) g(t_{2n} - \tau) d\tau.$$

Supposons établi que

$$\int_0^{t_{2n-2}} f(\tau) g(t_{2n} - \tau) d\tau < g(t_{2n} - t_{2n-3}) \int_0^{t_{2n-2}} f(\tau) d\tau.$$

On sait par ailleurs que

$$\int_{t_{2n-2}}^{t_{2n}} f(\tau) g(t_{2n} - \tau) d\tau < g(t_{2n} - t_{2n-1}) \int_{t_{2n-2}}^{t_{2n}} f(\tau) d\tau.$$

Comme d'autre part, on suppose établi que $\int_0^{t_{2n-2}} f(\tau) d\tau$ est positif, si, pour toute valeur de t comprise entre 0 et t_{2n-2} , $F(t) > 0$, et comme

$$g(t_{2n} - t_{2n-3}) < g(t_{2n} - t_{2n-1}),$$

il vient, somme toute :

$$(22) \quad F(t_{2n}) < g(t_{2n} - t_{2n-1}) \int_0^{t_{2n}} f(\tau) d\tau,$$

d'où, si $F(t_{2n})$ est positif :

$$(23) \quad \int_0^{t_{2n}} f(\tau) d\tau > 0.$$

Ainsi est démontrée la première proposition.

La seconde se démontre de façon toute semblable. Elle repose sur le fait que, si les hypothèses énoncées sont satisfaites, on a, pour toute valeur de t supérieure à t_{2n-2} :

$$(24) \quad \int_0^{t_{2n-2}} f(\tau) g(t - \tau) d\tau > \frac{g(t - t_{2n-3})}{g(t_{2n-2} - t_{2n-3})} F(t_{2n-2}).$$

C. Fonctions satisfaisant aux conditions $g > 0$, $g' > 0$, $gg'' - g'^2 \geq 0$.

a) Les conditions énoncées sont satisfaites par toute expression de la forme $A \exp(-at)$, où A est un coefficient positif, et a un exposant positif.

b) On peut remarquer que la somme de deux fonctions g_1 et g_2 satisfaisant aux conditions indiquées satisfait aussi à ces conditions.

$$\text{Si } g = g_1 + g_2.$$

$$gg'' - g'^2 = (g_1 g_1' - g_1'^2) + (g_2 g_2' - g_2'^2) + g_1 g_2'' + g_2 g_1'' - 2g_1' g_2'.$$

Or, par hypothèse :

$$g_1 > \frac{g_1'^2}{g_1''} > 0,$$

$$g_2 > \frac{g_2'^2}{g_2''} > 0.$$

Ainsi,

$$g_1 g''_2 + g_2 g''_1 - 2g'_1 g'_2 > g'^2_1 \frac{g''_2}{g''_1} + g'^2_2 \frac{g''_1}{g''_2} - 2g'_1 g'_2 > 0.$$

d'où :

$$gg'' - g'^2 > 0$$

c) En résumé, les conditions énoncées sont satisfaites, en particulier, par toute somme d'exponentielles, d'exposants négatifs, dont chaque terme est multiplié par un coefficient positif. Cette somme peut comporter un terme constant positif.

Nous avons noté précédemment que la fonction $\mathcal{J}_0$ remplit justement ces conditions. Nous rencontrerons, dans la suite, d'autres expressions les remplissant de même.

ETUDE

DE LA COURBE DE L'INTENSITÉ DU COURANT DE RÉCEPTION. DANS QUELQUES CAS SIMPLES.

A. Réception sur résistance. — a) Nous supposons qu'à son extrémité le câble est mis à la terre à travers une résistance pure, dont la valeur est égale à $\frac{1}{g}$, l'unité de résistance étant la résistance du câble.

Soient encore I_e et V_e l'intensité du courant sortant et la tension à l'extrémité du câble.

Nous avons vu que :

$$(10) \quad I_e = \mathcal{J}_e - \int_0^t V_e(\tau) \mathcal{J}_0(t - \tau) d\tau,$$

$$(12) \quad V_e = \mathcal{V}_e - \int_0^t I_e(\tau) \mathcal{V}_0(t - \tau) d\tau.$$

L'équation caractéristique du dispositif terminal est :

$$(25) \quad I_e = gV_e.$$

Le raisonnement type, que nous ferons dans tous les cas semblables, est le suivant : Tant que $I'_e > 0$, on a $V'_e > 0$, d'après (25). Donc, d'après (10) : $I_e < \mathcal{J}_e$. D'autre part, V' ne peut devenir négatif, car, à l'instant où V' changerait de signe, I_e serait croissant

d'après (10) et décroissant d'après (25). Ainsi, en tous temps :

$$(26) \quad \begin{cases} 0 < I_e < \mathcal{I}_e, \\ 0 < V_e < \mathfrak{V}_e. \end{cases}$$

soit :

$$I_e < g\mathfrak{V}_e.$$

La courbe de l'intensité du courant est toujours située au-dessous de la courbe de Thomson.

On peut étudier maintenant la dérivée de la courbe de l'intensité du courant, en considérant les équations obtenues en dérivant membre à membre les équations (10) et (12).

$$(27) \quad \begin{cases} \text{Au moins tant que } V''_e > 0, \text{ on a :} \\ 0 < I'_e < \mathcal{I}'_e. \end{cases}$$

Mais, tant que $\mathcal{I}'_e$ est croissant, V''_e ne peut s'annuler et devenir négatif, car, au moment où V''_e change de signe, I'_e est décroissant, d'après (25), et d'après (10) égal à la somme de $\mathcal{I}'_e$ et d'une expression croissante. Ainsi, l'inflexion de I_e est postérieure à celle de $\mathcal{I}_e$. D'un autre côté, comme I'_e est toujours positif, on a toujours

$$(28) \quad V'_e < \mathfrak{V}'_e.$$

b) Il est intéressant de comparer la courbe de l'intensité du courant reçu à la courbe de Thomson, non seulement en adoptant la même échelle pour la représentation des intensités des courants, mais encore en rapportant à chaque instant l'intensité des courants à l'intensité qui correspond au régime permanent. C'est ainsi que l'on peut juger de la valeur d'une forme de courbe d'intensité de courant...

Soient I_p et $\mathcal{I}_p$ les intensités du courant correspondant au régime permanent.

$$(29) \quad \begin{cases} \mathcal{I}_p = 1, \\ I_p = \frac{\mathfrak{I}_p}{1 + \frac{1}{g}}. \end{cases}$$

Comme V'_e est toujours positif, et comme $\mathcal{I}_0$ est toujours décroissant, on a :

$$\begin{aligned} \int_0^t V'_e(\tau) \mathcal{I}_0(t-\tau) d\tau &> \mathcal{I}_0(t) \int_0^t V'_e(\tau) d\tau \\ &> \mathcal{I}_0(t) V_e(t). \end{aligned}$$

Ainsi :

$$\begin{aligned}
 I_e &< \mathcal{J}_e - \mathcal{J}_0(t) V(t), \\
 I_e &< \mathcal{J}_e - \frac{I_e}{g} \mathcal{J}_0(t), \\
 (30) \quad I_e &< \frac{\mathcal{J}_e}{1 + \frac{\mathcal{J}_0}{g}} < \frac{\mathcal{J}_e}{1 + \frac{1}{g}}.
 \end{aligned}$$

Ainsi,

$$(30 \text{ bis}) \quad \frac{I_e}{I_p} < \frac{\mathcal{J}_e}{\mathcal{J}_p}.$$

On établirait de même que,

$$(31) \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{au moins tant que } I'' > 0, \\ \frac{I'_e}{I_p} < \frac{\mathcal{J}'_e}{\mathcal{J}_p}. \end{array} \right.$$

Au moins jusqu'à l'inflexion de I_e , la raideur apparente de la courbe d'intensité de courant est inférieure à celle de la courbe de Thomson. La pente apparente au point d'inflexion est inférieure à la pente apparente, au point d'inflexion, de la courbe de Thomson.

c) On peut compléter ces indications générales, en comparant entre elles les courbes de l'intensité du courant, relatives à des valeurs différentes de la résistance de l'appareil de réception.

Considérons d'une part le cas de la réception sur une résistance $\frac{1}{g_1}$, d'autre part le cas de la réception sur une résistance $\frac{1}{g_2}$. Soient respectivement $I_1, V_1; I_2, V_2$ les intensités et tensions correspondantes.

De (10), on tire :

$$(32) \quad I_1 - I_2 = - \int_0^t (V'_1 - V'_2)(\tau) \cdot \mathcal{J}_0(t - \tau) d\tau,$$

ou encore :

$$(33) \quad I_1 - I_2 = - \int_0^t \left(\frac{I'_1}{g_1} - \frac{I'_2}{g_2} \right) (\tau) \cdot \mathcal{J}_0(t - \tau) d\tau.$$

Posons :

$$(34) \quad g_1 > g_2.$$

Au début, l'équation (33) ne peut être satisfaite que si

$$(35) \quad \frac{I'_1}{g_1} < \frac{I'_2}{g_2}, \quad V'_1 < V'_2,$$

$$(36) \quad I_1 > I_2,$$

et l'inégalité (36) sera certainement satisfaite, au moins tant que l'inégalité (35) le sera elle-même. Ceci aura lieu en tout temps. En effet, supposons qu'à un instant donné

$$(37) \quad V'_1 = V'_2,$$

c'est-à-dire

$$(38) \quad \frac{I'_1}{g_1} = \frac{I'_2}{g_2};$$

on devrait avoir à cet instant, conformément à une remarque faite précédemment :

$$(39) \quad I'_1 - I'_2.$$

Les conditions (38) et (39) ne peuvent être remplies simultanément que lorsque $I'_1 = I'_2 = 0$, c'est-à-dire lorsque le régime permanent est atteint.

Ainsi, en résumé, on a constamment,

$$(40) \quad \left\{ \begin{array}{l} g_1 > g_2, \\ 0 < I_2 < I_1 < \mathcal{I}_e, \\ 0 < V_1 < V_2 < \mathcal{V}_e, \\ 0 < V'_1 < V'_2 < \mathcal{V}'_e. \end{array} \right.$$

D'autre part, un raisonnement analogue à celui qui vient d'être fait montre qu'on ne peut avoir

$$V''_1 = V''_2$$

que lorsque I''_1 et I''_2 sont négatifs, c'est-à-dire postérieurement aux inflexions des deux courbes d'intensité de courant.

Jusque là,
$$I''_1 < \frac{g_1}{g_2} I''_2.$$

Ainsi, I''_1 s'est annulé avant I''_2 .

L'inflexion de I''_1 , qui, nous l'avons vu, est postérieure à l'inflexion de $\mathcal{I}_e$, précède l'inflexion de I''_2 . Celle-ci est elle-même antérieure à l'inflexion de $\mathcal{V}_e$ (qui correspond au cas d'une réception sur une résistance infinie).

d) Reportons-nous à l'équation (33). Remarquons qu'il vient d'être démontré que

$$\frac{I'_2}{g_2} - \frac{I'_1}{g_1} > 0.$$

Du fait que $\mathcal{J}_0$ est une fonction positive, toujours décroissante, résulte que :

$$\begin{aligned} I_1 - I_2 &> \mathcal{J}_0(t) \int_0^t \left(\frac{I'_2(\tau)}{g_2} - \frac{I'_1(\tau)}{g} \right) d\tau \\ &> \frac{I_2}{g_2} - \frac{I_1}{g_1}. \end{aligned}$$

Ainsi :

$$I_1 \left(1 + \frac{1}{g_1} \right) > I_2 \left(1 + \frac{1}{g_2} \right),$$

d'où, en définitive :

$$(41) \quad \frac{\mathcal{V}_e}{\mathcal{V}_p} < \frac{I_2}{I_{2p}} < \frac{I_1}{I_{1p}} < \frac{\mathcal{J}_e}{\mathcal{J}_p},$$

les lettres, affectées de l'indice p, représentant les valeurs des courants lorsque le régime permanent est atteint.

De même on a, au moins jusqu'à l'instant de l'inflexion de $\mathcal{V}_e$:

$$(42) \quad \frac{\mathcal{V}'_e}{\mathcal{V}'_p} < \frac{I'_2}{I'_{2p}} < \frac{I'_1}{I'_{1p}} < \frac{\mathcal{J}'_e}{\mathcal{J}'_p}.$$

L'ensemble de ces relations constitue un guide sûr pour tracer à vue, avec une exactitude suffisante, le faisceau des courbes d'intensité de courant qui correspondent à des valeurs diverses de la résistance de l'appareil de réception, lorsque l'on connaît déjà les courbes qui correspondent à quelques-unes de ces valeurs...

Elles permettent enfin de se rendre compte qu'il y a toujours avantage à adopter un récepteur de résistance aussi faible que possible, lorsque la réception des signaux télégraphiques se fait sur résistance seule.

Nous limitons ici la discussion, mais en remarquant toutefois que les équations intégrales que nous avons utilisées pour la représentation des courbes d'intensité de courant se prêtent très bien à la résolution numérique. Même, au lieu d'en tirer systématiquement des inégalités sans rechercher l'ordre de grandeur des écarts, on peut, en déterminant justement quel est cet ordre de grandeur, déduire des formules approchées de l'expression de l'intensité du courant, surtout pour les valeurs faibles du temps. On pourra, à ce

sujet, se reporter aux études de J. R. Carson sur la théorie du circuit électrique.

B. Réception sur condensateur. — a) Nous supposons qu'à son extrémité le câble est mis à la terre à travers un condensateur dont la capacité a pour valeur c , l'unité de capacité étant la capacité totale du câble.

Soient encore I_e et V_e les valeurs de l'intensité du courant sortant et de la tension à l'extrémité du câble. On a :

$$(10) \quad I_e = \mathcal{J}_e - \int_0^t V'_e(\tau) \mathcal{J}_e(t - \tau) d\tau,$$

$$(43) \quad I_e = c V'_e.$$

Le même raisonnement que celui qui a été fait dans le cas d'un câble mis à la terre à travers une résistance, montre que l'on a nécessairement, en tous temps :

$$V'_e > 0.$$

Ainsi, en tous temps,

$$(26) \quad \begin{cases} 0 < I_e < \mathcal{J}_e, \\ 0 < V_e < \mathcal{V}_e. \end{cases}$$

Nous reconnaissons encore que la courbe de l'intensité du courant est toute entière située au dessous de la courbe de Thomson.

Cette courbe de l'intensité doit présenter au moins un maximum puisque, au bout d'un temps infini, l'intensité du courant sortant du câble est nulle.

De l'examen de l'équation obtenue en dérivant membre à membre les termes de l'équation (10), on déduit que le premier maximum de I_e , correspondant à la première inflexion de V_e , ne peut se produire que lorsque $\mathcal{J}_e$ décroît, c'est-à-dire postérieurement à l'inflexion de la courbe de Thomson.

Au moins jusqu'à ce que I_e s'annule,

$$(44) \quad \begin{cases} 0 < I_e < \mathcal{J}_e, \\ 0 < V_e < \mathcal{V}_e. \end{cases}$$

et

$$(45) \quad 0 < I_e < c \mathcal{V}_e.$$

On peut noter d'ailleurs que l'inégalité

$$I'_e < \mathcal{J}_e$$

subsiste en tout temps.

Elle est évidemment satisfaite, en vertu de l'équation (10) dérivée, tant que I'_e est positif (puisque $I'_e = cV'_e$). Ensuite, tant que I'_e est négatif, elle est encore vraie, puisque $\mathcal{J}'_e$ est toujours positif.

Rien, jusqu'à présent, n'empêche de supposer que I'_e puisse redevenir positif. S'il en était ainsi, à l'instant du minimum de I_e , l'intégrale figurant dans le second membre de l'équation serait positive. En vertu d'une remarque faite, elle demeurerait positive tant que I'_e (c'est-à-dire cV''_e) demeurerait lui-même positif... Et ainsi de suite aussi longtemps que nécessaire.

Ainsi, tout le temps que dure l'établissement du régime permanent, la courbe de l'intensité du courant s'éloigne de plus en plus de la courbe de Thomson.

Il est intéressant de comparer la courbe de l'intensité aux courbes représentant la fonction $\mathcal{V}_e$ et ses dérivées, puisque, comme on le sait, la courbe représentative de la fonction $\frac{I}{c}$ tend, à la limite, vers la courbe de $\mathcal{V}'_e$ lorsque la valeur c de la capacité tend vers zéro.

L'équation (10) et l'équation dérivée peuvent s'écrire :

$$(46) \quad I_e = \int_0^t (\mathcal{V}'_e - V'_e)(\tau) \cdot \mathcal{J}_0(t - \tau) d\tau,$$

$$(47) \quad I'_e = \int_0^t (\mathcal{V}''_e - V''_e)(\tau) \cdot \mathcal{J}_0(t - \tau) d\tau.$$

De la première, on déduit déjà que l'on ne peut avoir en tous temps $V' < \mathcal{V}'$, car, s'il en était ainsi, l'intégrale du second membre aurait une valeur différente de zéro lorsque le temps serait infini.

De la seconde, on déduit que le maximum de la courbe de l'intensité du courant est nécessairement postérieur à l'inflexion de la courbe de la tension à l'extrémité du câble quand celle-ci est isolée. Cette inflexion est d'ailleurs postérieure à l'inflexion de la courbe de Thomson.

b) Pour compléter l'étude, proposons-nous de comparer l'une à l'autre les courbes d'intensité de courant obtenues lorsque des câbles identiques sont mis à la terre à travers des condensateurs de capacité différente c_1 et c_2 .

Soient I_1 et V_1 les intensités et tensions à l'extrémité du câble, fermé sur le condensateur de capacité c_1 , I_2 et V_2 les intensités et tensions correspondantes, dans le cas du condensateur de capacité c_2 . On a :

$$(48) \quad I_1 - I_2 = c_1 V'_1 - c_2 V'_2 = - \int_0^l (V'_1 - V'_2)(\tau) J_0(l - \tau) d\tau.$$

Supposons que :

$$(49) \quad c_1 > c_2.$$

Dans les premiers instants qui suivent l'application de la force électromotrice à l'origine du câble, on a nécessairement :

$$(50) \quad \begin{aligned} & V'_1 < V'_2, \\ (51) \quad & \begin{cases} c_1 V'_1 > c_2 V'_2, \\ I_1 > I_2, \end{cases} \end{aligned}$$

et les deux dernières égalités demeurent satisfaites, au moins tant que l'inégalité (50) est satisfaite elle-même. Cette inégalité (50) ne peut subsister en permanence, car, au bout d'un temps infini, les deux intensités étant nulles, leur différence est nulle. Ainsi, l'intégrale du troisième membre du système d'équations (48) ne peut comporter indéfiniment des termes positifs.

Donc, à partir d'un certain instant, on doit avoir :

$$V'_1 > V'_2.$$

Mais, tout le temps que cette inégalité est satisfaite, on a encore :

$$c_1 V'_1 > c_2 V'_2.$$

puisque cela a déjà lieu au moment où la différence $(V'_1 - V'_2)$ change de signe que V'_1 et V'_2 sont toujours positifs, et que c_1 est plus grand que c_2 .

Si, dans la suite, ladite différence change encore de signe, l'intégrale considérée demeure positive, conformément à une remarque faite antérieurement. Le raisonnement peut être reproduit aussi souvent qu'il est nécessaire.

Ainsi, on a démontré que le système (51) d'inégalités se trouve vérifié en permanence.

En résumé, quel que soit t ,

$$(52) \quad \left\{ \begin{array}{l} c_1 > c_2, \\ I_1 > I_2, \\ V_1 < V_2. \end{array} \right.$$

D'autre part, les raisonnements faits au sujet des fonctions I et V seraient encore valables si on les appliquait aux dérivées, d'ordre quelconque, de ces fonctions, au moins tant que les dérivées de V sont positives.

On a donc, au moins tant que V''_1 est positif :

$$(53) \quad I'_1 > I'_2.$$

Ainsi, le premier maximum de la courbe d'intensité de courant se produit d'autant plus tôt que la capacité du condensateur est plus faible. Il est toujours postérieur à l'inflexion de la courbe représentative de la tension à l'extrémité du câble lorsque celui-ci est isolé en ce point.

De même, la première inflexion est toujours postérieure à la première inflexion de $\mathcal{V}'_e$. Elle est toujours antérieure à celle de la courbe de Thomson, puisque cette courbe représente la limite vers laquelle tend la courbe de l'intensité du courant reçu sur condensateur, lorsque la capacité de ce condensateur croît indéfiniment.

Ceci étant, considérons de nouveau l'équation (48). Nous avons vu que l'on a nécessairement, au bout d'un temps fini, $V'_1 = V'_2$. A l'instant où cette égalité se produit pour la première fois,

$(V'_1 - V'_2)$ est croissant,

$(c_1 V'_1 - c_2 V'_2)$ est décroissant ;

ou on peut écrire :

$$c_1 V'_1 - c_2 V'_2 = c_1 \left[V'_1 - V'_2 + \left(1 - \frac{c_2}{c_1} \right) V'_2 \right].$$

Cette expression ne peut être décroissante que si V'_2 est lui-même décroissant, ainsi d'ailleurs que V'_1 .

Par conséquent, l'instant où la pente des deux courbes de tension se trouve égale, est postérieur aux instants où chacune des courbes d'intensité de courant passe par son maximum.

Comme jusque là.

$$(54) \quad \frac{I_1}{c_1} < \frac{I_2}{c_2},$$

on a donc, en résumé :

$$(55) \quad 1 < \frac{I_{1\max}}{I_{2\max}} < \frac{c_1}{c_2}.$$

L'ensemble des résultats précédentes confirme ce que l'on sait déjà au sujet des meilleures conditions de réception au siphon, de signaux transmis sur un câble bloqué à l'une de ses extrémités : il y a avantage à employer un condensateur de blocage de faible capacité, car alors, les courbes d'intensité de courant atteignent plus rapidement leur maximum et se rapprochent plus vite de la ligne qui correspond au courant nul que quand la capacité du condensateur est plus grande. L'intensité du courant reçu est d'autant plus grande que la capacité est plus grande : il semble néanmoins qu'il y ait intérêt à adopter une valeur de la capacité peu supérieure à celle qui correspond aux possibilités limites de réception, déterminées par la sensibilité des appareils : le rapport des intensités maxima des courants reçus croît moins vite que le rapport des capacités des condensateurs de blocage.

C. Cas d'un condensateur shunté. — Nous allons considérer le cas d'un câble dont l'extrémité est mise à la terre à travers un condensateur shunté par une ou plusieurs résistances, et nous étudierons les courbes des intensités des différents courants qui sortent du câble, qui traversent le condensateur et qui traversent les résistances. Ceci nous permettra d'examiner différentes dispositions qui se rencontrent dans la pratique :

l'intensité enregistrée est celle du courant traversant l'ensemble des éléments du condensateur shunté ;

la résistance shuntant le condensateur sert simplement de décharge, et la seule intensité enregistrée est celle du courant qui traverse le condensateur

une résistance sert de décharge, et l'on enregistre l'intensité du courant traversant l'ensemble du condensateur et d'une seconde résistance qui le shunte.

Les raisonnements à faire, pour mener l'étude du problème, ne différant pas de ceux qui ont été faits lors de l'étude de la réception sur résistance ou sur condensateur, nous glisserons assez rapidement sur les démonstrations.

a) Considérons donc un câble dont l'extrémité est mise à la terre par un condensateur de capacité c , shunté par une ou deux résistances dont la conductance totale est g .

Soient I_e l'intensité du courant sortant du câble à son extrémité et V_e la tension à l'extrémité du câble.

On a :

$$(10) \quad I_e = \mathcal{J}_e - \int_0^t V'(\tau) \mathcal{J}_0(t - \tau) d\tau.$$

D'autre part :

$$(56) \quad I_e = gV_e + cV'_e.$$

L'équation (56) montre, d'une part, qu'au début, tant que I_e est positif et croissant, V_e est lui-même positif et croissant, et d'autre part, qu'à l'instant où V_e atteint son premier maximum (et même un maximum quelconque), I_e est nécessairement décroissant.

D'après l'équation (10), V_e ne peut atteindre son maximum qu'au bout d'un temps infini. Ainsi l'on a, quel que soit t :

$$(57) \quad \begin{cases} V'_e > 0, \\ V_e > 0, \\ 0 < I_e < \mathcal{J}'_e. \end{cases}$$

La courbe de l'intensité du courant sortant du câble, de même que la courbe de l'intensité du courant traversant le condensateur, ou son shunt, ou l'ensemble du condensateur shunté, se trouvent toujours situées en dessous de la courbe de Thomson.

De l'équation obtenue en dérivant (56) membre à membre, on déduit que le premier maximum de I_e , s'il a lieu, est postérieur à la première inflexion de V_e . On voit aisément que cette première inflexion de V_e est postérieure à celle de $\mathcal{J}_e$.

Au moins tant que $V''_e > 0$, on a :

$$(58) \quad \begin{cases} 0 < I'_e < \mathcal{J}'_e, \\ 0 < V'_e < \mathcal{V}'_e. \end{cases}$$

b) Etudions plus spécialement l'intensité j du courant qui traverse le condensateur.

L'équation (10) peut s'écrire :

$$(59) \quad j = \mathcal{J}_e - \int_0^t V'(\tau) \mathcal{J}_0(t - \tau) d\tau - gV,$$

ou :

$$(60) \quad j = \mathcal{J}_e - \int_0^t V'(\tau) [\mathcal{J}_0(t - \tau) + g] d\tau.$$

D'autre part,

$$(61) \quad j = cV'.$$

Le système des équations (60) et (61) est tout à fait analogue au système des équations (10) et (43) qui régissent le courant de réception sur condensateur : les mêmes conclusions s'en déduisent.

Le maximum de l'intensité j ne peut se produire que postérieurement à l'inflexion de la courbe de Thomson. On a, en tout temps :

$$j' < \mathcal{J}'_e.$$

Enfin, si j_1 et j_2 sont respectivement les intensités des courants qui traversent le condensateur lorsque la capacité de celui-ci a pour valeurs c_1 et c_2 alors que les valeurs des résistances disposées en dérivation demeurent inaltérées ; si V_1 et V_2 sont les valeurs correspondantes de la tension à la sortie du câble, I_1 et I_2 les intensités des courants sortant du câble, i_1 et i_2 celles des courants traversant le shunt, on a, quel que soit t :

$$(62) \quad \text{si } \left. \begin{array}{l} c_1 > c_2, \\ j_1 > j_2, \\ V_1 < V_2, \\ i_1 < i_2. \end{array} \right\}$$

Au moins tant que V_1 est positif,

$$(63) \quad \left. \begin{array}{l} V_1 < V_2, \\ j_1 > j_2, \\ i_1 < i_2, \\ I_1 > I_2. \end{array} \right\}$$

Le premier maximum de j_2 précède celui de j_1 .

En outre, si $j_{1\max}$ et $j_{2\max}$ représentent respectivement les valeurs des maxima de j_1 et de j_2 , on a :

$$(64) \quad j_{2\max} < j_{1\max} < \frac{c_1}{c_2} j'_{2\max}.$$

Ceci étant, désignons par I_g l'intensité du courant que l'on recevrait si le câble était fermé seulement sur la résistance de valeur $\frac{1}{g}$, et s'il n'y avait pas de condensateur. Ce cas serait celui où c_2 serait nul.

Nous venons d'établir que :
quel que soit t ,

$$(65) \quad \left\{ \begin{array}{l} V_1 < \frac{I_g}{g}, \\ i_1 < I_g, \end{array} \right.$$

et que, au moins tant que V_1 est positif,

$$(66) \quad \left\{ \begin{array}{l} I_1 > I_g, \\ V'_1 < \frac{I'_g}{g}, \\ i'_1 < I'_g. \end{array} \right.$$

Ainsi, au moins tant que V_1 est positif,

$$(67) \quad I_g < I_1 < I_g + \frac{c}{g} I'_g.$$

On peut noter que cet ensemble d'inégalités se retrouve vérifié lorsque le régime permanent est près d'être atteint.

c) Nous allons comparer maintenant entre elles les courbes de l'intensité du courant sortant du câble lorsque les dispositifs terminaux comprennent un même condensateur et des résistances de valeurs différentes.

Soient $\frac{1}{g_1}$ et $\frac{1}{g_2}$ ces résistances. Désignons encore respectivement par i , j , I et V , l'intensité du courant dans la résistance, celle du courant dans le condensateur, celle du courant total sortant du câble, la tension à l'extrémité du câble, et affectons ces symboles des indices 1 ou 2 suivant que la résistance a pour valeur $\frac{1}{g_1}$ ou $\frac{1}{g_2}$.

Posons :

$$(68) \quad g_1 > g_2.$$

De l'équation (60), on tire :

$$(69) \quad j_2 - j_1 = (g_1 - g_2) \int_0^t V'_2(\tau) d\tau - \int_0^t (V'_2 - V'_1) [\mathcal{J}_0(t - \tau) + g_1] d\tau,$$

$$(70) \quad j_2 - j_1 = (g_1 - g_2) V_2(t) - \int_0^t (V'_2 - V'_1) [\mathcal{J}_0(t - \tau) + g_1] d\tau.$$

D'autre part,

$$(71) \quad j_2 - j_1 = c(V'_2 - V'_1).$$

Dans l'équation (70), le premier terme du second membre représente une fonction positive et croissante. Ainsi, l'ensemble des équations (70) et (71) montre que $(j_2 - j_1)$ jouit de propriétés analogues à celles dont jouit l'intensité du courant de réception, dans le cas d'une réception sur simple condensateur, propriétés qui ont été déterminées à la suite de l'examen des équations simultanées (10) et (43).

On a donc, en tous temps :

$$(72) \quad \begin{cases} V'_2 > V'_1, & V_2 > V_1, \\ j_2 > j_1. \end{cases}$$

On déduit de là, en vertu de l'équation (10), que, quel que soit t ,

$$(73) \quad \begin{cases} \frac{g_1}{g_2} I_2 > I_1 > I_2, \\ i_1 > i_2. \end{cases}$$

On a de même, au moins jusqu'à la première inflexion de V_2 :

$$(74) \quad \begin{cases} V''_2 > V''_1, \\ j'_2 > j'_1, \\ I'_2 < I'_1, \\ i'_2 < i'_1. \end{cases}$$

On en déduit, en particulier, que le maximum de j_1 précède celui de j_2 et que si $j_{1\max}$ et $j_{2\max}$ représentent les valeurs de j_1 et j_2 au moment de leur premier maximum :

$$j_{1\max} < j_{2\max} < \frac{g_1}{g_2} j_{1\max}.$$

Nous pouvons utiliser ces formules pour comparer les courbes d'intensité de courant, relatives à un condensateur shunté, aux courbes de réception sur un condensateur non shunté, de même

capacité. Soient I_e la courbe de réception sur condensateur seul (cas où $g_1 = 0$) et V_e la courbe de tension correspondants; on vient d'établir que :

quel que soit t_1 :

$$(75) \quad \left\{ \begin{array}{l} j_1 < I_e, \\ I_1 > I_e, \\ V_1 < V_e, \\ V'_1 < V'_e; \end{array} \right.$$

et, au moins jusqu'à la première inflexion de V_e :

$$(76) \quad \left\{ \begin{array}{l} j'_1 < I'_e, \\ I'_1 > I'_e, \\ V''_1 < V''_e. \end{array} \right.$$

L'inflexion de V_1 précède celle de V_e .

On peut noter encore que, quel que soit t :

$$(77) \quad I_e < I_1 < g_1 V_e + c V'_e.$$

d) En rapprochant l'un de l'autre les systèmes (65) et (75), (66) et (76), on obtient des résultats remarquables :

$$(78) \quad \frac{I_g}{I_e} < I_e < I_g + I_e.$$

Lorsqu'un câble est mis à la terre à travers un condensateur shunté, le courant sortant du câble est, au moins au début du signal, plus intense que celui qui sortirait si la mise à la terre était effectuée à travers un seul des éléments du dispositif : son intensité est toujours inférieure à la somme de celle des courants qui sortiraient si le câble était mis à la terre soit à travers la résistance seule, soit à travers le condensateur seul.

Une relation semblable existe entre les dérivées des intensités au moins jusqu'à la première inflexion de la dérivée de la courbe de tension V_e , quant à la limitation inférieure de I'_e par I'_g , et au moins jusqu'à la première inflexion de la courbe de tension, quant aux autres limitations :

$$(79) \quad \frac{I'_g}{I'_e} < I'_e < I'_g + I'_e.$$

D'autre part, la tension à l'extrémité du câble formé sur un condensateur shunté, est toujours inférieure à ce qu'elle serait si

le câble n'était mis à la terre qu'à travers un des éléments du dispositif terminal :

$$(80) \quad V_e < \frac{V_g}{V_c}.$$

Une relation semblable existe entre les dérivées des tensions, au moins jusqu'à la première inflexion de V_e .

$$(81) \quad V'_e < \frac{V'_g}{V'_c}.$$

Enfin, des relations (12) et (78), on déduit que, pour toute valeur de t :

$$(82) \quad V_e > V_g + V_c - \mathfrak{V}_e;$$

que, d'autre part, on a, au moins jusqu'à l'instant de la première inflexion de V_e :

$$(83) \quad V'_e > V'_g + V'_e - \mathfrak{V}'_e.$$

e) L'ensemble des systèmes d'inégalités que nous venons d'établir permet de se rendre compte de la manière dont sont modifiées les courbes d'intensité de courant, dans leur première branche ascendante, lorsqu'on fait varier les éléments du condensateur shunté disposé à l'extrémité du câble. Mais encore, ces différentes inégalités, associées entre elles de manière convenable, permettent, dans bien des cas, de se faire une idée suffisamment exacte de ce qu'est la première branche ascendante de la courbe de l'intensité du courant sortant du câble, si l'on connaît seulement de manière précise la courbe de l'intensité du courant reçu sur résistance seule ou sur condensateur seul. Or, non seulement ces courbes sont de calcul plus facile peut être que les courbes relatives au condensateur shunté, mais, en fait, on peut trouver, déjà publiées, de telles courbes calculées pour quelques valeurs de la résistance ou de la capacité terminales. Et précédemment, nous avons eu l'occasion de noter quelques remarques permettant d'interpoler à vue, avec assez d'exactitude, entre les courbes de ces familles.

D'ailleurs, nous allons appliquer les considérations qui précèdent à l'étude sommaire de quelques cas pratiques.

2) Réception sur condensateur avec décharge de la ligne. — Consi-

dérons un câble relié à la terre à son extrémité par l'intermédiaire d'un condensateur de capacité donnée, et supposons que l'on enregistre l'intensité du courant traversant ce condensateur : ce cas est habituellement réalisé lorsqu'on exploite un câble au siphon.

Une circonstance favorable à la télégraphie rapide est évidemment que le maximum de la courbe d'intensité du courant reçu, lorsqu'on applique à l'origine du câble une tension continue permanente, soit atteint le plus tôt possible.

De ce qui précède, résulte que l'on a deux moyens simples d'avancer l'instant du maximum de l'intensité du courant reçu : l'un est de réduire la valeur de la capacité du condensateur ; l'autre, de disposer une décharge à l'extrémité de la ligne, c'est-à-dire, de shunter le condensateur terminal par une résistance, en n'enregistrant point l'intensité de la partie du courant dérivée dans cette résistance.

Mais, fait remarquable à noter, dans l'un et l'autre cas, l'intensité du courant reçu (à travers le condensateur) à l'instant de son maximum est moindre qu'auparavant : ainsi, la sensibilité de l'appareil enregistreur, si elle est faible, limite la vitesse d'exploitation du câble.

Il peut être intéressant d'observer que, si la sensibilité du récepteur est extrême, l'emploi d'une décharge est très avantageux.

Lorsque la conductance de la décharge est grande, l'intensité du courant la traversant diffère peu de $\mathcal{J}_e$; ainsi, l'intensité du courant I_r reçu à travers le condensateur est assez voisine de :

$$I_r = \frac{c}{g} \mathcal{J}'_e ;$$

le maximum de I_r est atteint peu après l'inflexion de $\mathcal{J}_e$.

Au contraire, si l'on reçoit simplement sur un condensateur de très faible capacité, la tension à l'extrémité du câble diffère peu de $\mathcal{V}_e$, l'intensité du courant reçu est assez voisine de :

$$I_r = c \mathcal{V}'_e.$$

et alors, le maximum de I_r est atteint peu avant l'inflexion de $\mathcal{V}_e$. Or celle-ci est de beaucoup postérieure à celle de $\mathcal{J}_e$.

En règle générale, il semble avantageux d'utiliser une décharge.

β) *Réception sur condensateur shunté.* — On emploie la réception sur condensateur shunté lorsque l'enregistrement des signaux par l'organe approprié (relais), dépend directement de l'intensité des courants reçus, et non du simple sens de leur variation. En pareil cas, les circonstances favorables à rechercher sont, d'une part, que la variation de l'intensité du courant de réception soit rapide, dès le début du signal, et d'autre part, que, dans le cas d'une émission prolongée, le régime permanent soit vivement atteint.

La qualité d'une forme de courbe d'intensité de courant se juge dans ce cas, en considérant la courbe représentant à chaque instant le rapport de l'intensité I_e du courant, à l'intensité I_p du courant correspondant au régime permanent.

D'après nos conventions, la fonction $\mathcal{J}_e$, correspondant au cas du court-circuit, prend justement la valeur 1 lorsque le régime permanent est établi.

Dans le cas d'une réception sur condensateur (de capacité c) shunté (par une conductance g).

$$(84) \quad I_p = \frac{1}{1 + \frac{1}{g}},$$

$$(85) \quad \frac{I_e}{I_p} = I_e \left[1 + \frac{1}{g} \right].$$

Il résulte d'une remarque faite, que la raideur apparente de la courbe de l'intensité du courant reçu, au début du signal, a une limite d'autant plus faible que la conductance g est moins grande.

On a, en effet :

$$(86) \quad \frac{I_e}{I_p} < \mathcal{J}_e \left[1 + \frac{1}{g} \right],$$

et, au moins dans la branche ascendante de I_e :

$$(87) \quad \frac{I'_e}{I_p} < \mathcal{J}'_e \left[1 + \frac{1}{g} \right].$$

On ne peut donc essayer d'améliorer la réception que si l'on peut réduire la valeur de l'intensité de courant nécessaire pour commander les appareils.

L'emploi du condensateur shunté a toujours pour effet d'ac-

croître, au début du signal, la raideur apparente de la courbe de l'intensité du courant.

Nous avons vu, en effet, que I_e est toujours supérieur à l'intensité I_0 du courant qui serait reçu sur le seul condensateur de capacité c . Or :

$$I_c = J_0 - \int_0^t V'(\tau) J_0(t - \tau) d\tau = c V'.$$

Au moins tant que V' est croissant, on a :

$$(88) \quad \begin{aligned} I_c &> J_0 - \frac{I_c}{c} \int_0^t J_0(\tau) d\tau, \\ I_c &> \frac{J_0}{1 + \frac{1}{c} \int_0^t J_0(\tau) d\tau}. \end{aligned}$$

Ainsi

$$(89) \quad \frac{I_e}{I_p} > J_0 \frac{1 + \frac{1}{g}}{1 + \frac{1}{c} \int_0^t J_0(\tau) d\tau}.$$

Le second membre de cette inégalité est supérieur à J_0 , dès les premiers instants du signal, et au moins tant que

$$(90) \quad \int_0^t J_0(\tau) d\tau < \frac{c}{g}.$$

Ainsi, l'avantage procuré par l'emploi du condensateur shunté semble d'autant plus grand que la constante de temps du condensateur shunté est plus grande. Toutefois, il n'y a pas intérêt à exagérer. En particulier, si la résistance du shunt est trop grande, $\frac{I_e}{I_p}$ peut devenir beaucoup plus grand que 1, ce qui est un inconvénient, car l'instant où le régime permanent est atteint se trouve retardé, du fait que l'on s'en éloigne davantage dès le début du signal.

Il semble donc qu'une solution acceptable serait de choisir pour c une valeur telle que, au moment de son maximum, la courbe I_c atteigne sensiblement la valeur de l'intensité de courant nécessaire pour faire fonctionner les appareils, et pour g une valeur telle que le courant permanent fût légèrement supérieur à cette valeur de l'intensité nécessaire. Ceci suppose que la sensibilité des appareils

soit suffisante pour que la valeur de la capacité, qui vient d'être définie, demeure assez petite (par exemple, de l'ordre du dixième ou même inférieure à ce chiffre). Nous avons vu, en effet, que le maximum de I_e est atteint d'autant plus vite que c est plus petit ; mais, lorsque c demeure faible, l'instant du maximum varie assez lentement en fonction de c .

Des considérations, développées ultérieurement, conduiront d'ailleurs à préciser quel devrait être la valeur à donner à la constante de temps $\frac{c}{g}$, pour que le régime permanent fût rapidement atteint.

γ) *Réception sur condensateur shunté, avec décharge.* — L'extrémité du câble est supposée mise à la terre, d'une part à travers une résistance (décharge) de valeur $\frac{1}{G}$, d'autre part à travers un condensateur de capacité c shunté par une résistance de valeur $\frac{1}{g}$: l'intensité I_r du courant reçu dans l'organe enregistreur est celle du courant traversant le condensateur shunté. Le courant d'intensité I_e qui sort du câble est évidemment celui qui correspond au cas d'un condensateur de capacité c shunté par une résistance de valeur égale à $\frac{1}{G + g}$.

De ce que

$$(91) \quad I_r < I_e < J_e,$$

résulte encore que le dispositif de réception utilisé ne permet d'améliorer la réception que si l'on peut consentir à ne recevoir, dans l'appareil enregistreur, qu'un courant d'intensité réduite.

On se rend aisément compte que l'emploi d'une décharge, combiné avec celui du condensateur shunté, peut être beaucoup plus avantageux que celui du condensateur shunté seul.

Considérons, en effet, un condensateur shunté. Supposons que, sans changer le condensateur, on fasse varier progressivement la valeur du shunt, en ajoutant une décharge déterminée de telle sorte que l'intensité du courant reçu dans l'appareil enregistreur conserve toujours la même valeur lorsque le régime permanent est établi.

Plus la conductance de la décharge est grande, plus la conductance totale ($G + g$) devient grande : elle peut même devenir aussi grande que l'on veut.

Ainsi, la raideur apparente de la courbe de l'intensité du courant traversant le shunt tend de plus en plus à se rapprocher de celle de la courbe de Thomson.

Il est vrai que l'accroissement de la conductance totale placée en dérivation sur le condensateur, entraîne une diminution de la valeur absolue de l'intensité du courant traversant le condensateur. Mais, en fait, cette diminution ne devient sensible qu'à partir du moment où le courant traversant la conductance totale commence à prendre quelque importance.

En effet, si i représente l'intensité du courant traversant la conductance totale, et j celle du courant traversant le condensateur, nous avons vu que

$$I_e = i + j > I_c.$$

I_c représentant l'intensité du courant sortant du câble si le condensateur de capacité c existait seul, et s'il n'y avait ni décharge ni shunt.

D'autre part,

$$i < I_{(G+g)},$$

$I_{(G+g)}$ représentant l'intensité du courant sortant du câble si la décharge et le shunt existaient seuls.

Ainsi :

$$(92) \quad I_c > j > I_c - I_{(G+g)};$$

j diffère donc très peu de I_c lorsque $I_{(G+g)}$ est petit.

D'un autre côté, nous avons établi que

$$(30) \quad I_{G+g} > \frac{\mathcal{J}_e}{1 + \frac{\mathcal{J}_0(t)}{G+g}},$$

et que

$$(88) \quad I_c > \frac{\mathcal{J}_e}{1 + \frac{1}{c} \int_0^t \mathcal{J}_0(\tau) d\tau}.$$

En se rappelant que $\mathcal{J}_0$ est infiniment grand lorsque t est nul, on

voit immédiatement que I_e peut prendre une valeur notable avant que $I_{(G+g)}$ ne commence à différer franchement de zéro.

Ainsi, peut-on dire grossièrement, qu'au début, tout le courant passe par le condensateur et qu'alors la valeur du courant est pratiquement indépendante de l'importance du shunt.

Quoi qu'il en soit, revenons à la comparaison du condensateur shunté employé seul et du condensateur shunté employé avec décharge, étant entendu que, dans les deux cas, on s'arrange de telle manière que le courant reçu ait la même intensité lorsque le régime permanent est établi.

Les deux courbes d'intensité de courant se détachent de la même manière de l'horizontale. Mais le courant traversant le condensateur prend de moins en moins d'importance relative au fur et à mesure de l'accroissement du courant traversant le shunt : le maximum de j est atteint d'autant plus tôt que la conductance totale ($G + g$) est plus grande. Dès lors, on conçoit aisément que, dans le cas de la décharge, on puisse obtenir une courbe I_r atteignant rapidement le voisinage de la ligne d'ordonnée correspondant au régime permanent et s'en écartant peu, alors que, dans le cas du simple condensateur shunté, la courbe I_e , qui atteindrait à peu près au même instant la valeur de l'intensité de régime permanent, l'atteindrait alors qu'elle est en pleine ascension, la dépasserait beaucoup et tarderait à y revenir définitivement.

En fait, la valeur de c la plus convenable dans le cas de la décharge ne serait pas celle que l'on adopterait si l'on employait le condensateur shunté seul : on devrait, dans ce dernier cas, donner au condensateur une valeur plus petite, pour éviter que le maximum de I_e ne soit beaucoup trop élevé : cela aurait pour effet d'avancer l'instant du maximum de I_e et peut-être même de supprimer ce maximum. Cependant, l'intensité I_e serait, au début, moins rapidement croissante qu'auparavant. Ainsi, l'emploi de la décharge combiné avec celui du condensateur shunté permet d'obtenir des courbes beaucoup plus avantageuses que celui du condensateur shunté seul.

Il semble même que l'on ait intérêt à donner à la décharge une résistance aussi faible que possible. Lorsqu'en effet ($G + g$)

est grand, on a approximativement, à partir d'un certain moment :

$$I_r = \frac{g I_{(G+g)} + c I'_{(G+g)}}{G + g} .$$

Il résulte de l'étude faite des courbes $I_{(G+g)}$, que $I_{(G+g)}$ atteint d'autant plus vite sa valeur de régime que $(G + g)$ est plus grand : il en va de même pour I_r , au moins si l'on conserve à la constante de temps $\frac{c}{g}$ une valeur à peu près constante (et nous verrons par la suite qu'il y a intérêt à ce qu'il en soit ainsi). Nous avons établi précédemment que la raideur apparente de la courbe de I_r , au début du signal, était d'autant plus grande que c était plus grand. Ainsi se rencontrent deux circonstances favorables. Il semble donc que, dans la pratique, la seule limite qui s'impose à l'accroissement de G (lequel entraînerait l'accroissement de g et de c), provient de la difficulté matérielle de réaliser un condensateur de capacité trop élevée.

ETUDE D'UNE CERTAINE CLASSE DE DISPOSITIFS TERMINAUX.

Ainsi que nous l'avons rappelé au début de cette note, il a été proposé, depuis quelques années, d'utiliser, pour améliorer la réception des signaux télégraphiques, des réseaux plus complexes que le simple condensateur (shunté ou non), avec ou sans décharge.

Un des réseaux dont l'emploi a été conseillé est constitué de la manière suivante. Entre l'extrémité du câble et l'origine du récepteur se trouvent disposés en série, plusieurs condensateurs shuntés. Des résistances, jouant le rôle de décharges, se trouvent disposés, d'une part entre l'extrémité du câble et la terre, d'autre part entre chacune des extrémités des divers condensateurs shuntés et la terre.

Nous allons faire une étude générale des dispositifs terminaux ainsi constitués, en supposant toutefois, soit que le récepteur ait une résistance nulle, soit qu'il puisse être assimilé à une simple résistance. Cependant, pour ne pas allonger exagérément cette note, nous indiquerons les résultats après avoir esquissé simplement les démonstrations, et sans entrer dans les détails de calcul. Ceux-ci

seront d'ailleurs reconstitués aisément par le lecteur car ils n'offrent aucune difficulté particulière.

Considérons donc un dispositif terminal comportant n condensateurs shuntés.

Affectons l'indice 1 aux constantes du premier élément, compté à partir du récepteur, l'indice 2 aux constantes du second élément et ainsi de suite.

Soient donc

c_k la capacité du $k^{\text{ième}}$ condensateur,

g_k la conductance du shunt de ce condensateur,

G_k la conductance de la décharge disposée entre la terre et le point où se raccordent le $k^{\text{ième}}$ et le $k + 1^{\text{ième}}$ condensateur shunté.

La conductance de la décharge du câble sera ainsi désignée par G_n .

Appelons

j_k l'intensité du courant traversant le condensateur c_k ,

i_k l'intensité du courant traversant le shunt de conductance g_k ,

I_k l'intensité du courant traversant la décharge G_k ,

J_k l'intensité du courant total traversant le condensateur shunté de rang k ,

$J_k = i_k + j_k$.

D'après cette convention l'intensité du courant total sortant du câble sera :

$$(89) \quad I_e = I_n + J_n.$$

Désignons enfin par :

V_k le potentiel du point compris entre la $k^{\text{ième}}$ et le $(k + 1^{\text{ième}})$ condensateur shunté,

U_k la différence de potentiel entre les extrémités du condensateur shunté de rang k .

$$\text{On a :} \quad V_k = U_k + V_{k-1}.$$

La tension V_e à l'extrémité du câble est égale à V_n .

Ceci étant, formons l'équation différentielle reliant entre eux I_e et V_e .

Si l'on pose $\frac{d}{dt} = p$, cette équation différentielle s'écrira symboliquement :

$$(90) \quad \mathfrak{X}_n I_e = \mathfrak{Z}_n V_e.$$

Le rapport symbolique $\frac{\mathcal{X}_n}{\mathcal{Z}_n}$ se calcule par récurrence, de la même manière que se calculerait l'impédance du dispositif pour une pulsation ω telle que $i\omega = p$.

On peut de même opérer symboliquement :

$$(91) \quad \mathcal{X}_k J_{k+1} = \mathcal{Z}_k V_k.$$

Les équations différentielles relatives aux divers éléments du réseau sont :

$$(92) \quad \left\{ \begin{array}{l} V_k = U_k + V_{k-1}, \\ I_k = G_k V_k, \\ J_k = (g_k + c_k p) U_k, \\ J_{k+1} = I_k + J_k. \end{array} \right.$$

On en tire aisément que :

$$(93) \quad \left\{ \begin{array}{l} \mathcal{X}_k = \mathcal{Z}_{k-1} + (g_k + c_k p) \mathcal{X}_{k-1}, \\ \mathcal{Z}_k = (G_k + g_k + c_k p) \mathcal{Z}_{k-1} + G_k (g_k + c_k p) \mathcal{X}_{k-1} = \\ \quad = G_k \mathcal{X}_k + (g_k + c_k p) \mathcal{Z}_{k-1}. \end{array} \right.$$

Si l'on considère p comme une variable algébrique, les équations

$$(94) \quad \left\{ \begin{array}{l} \mathcal{X}_k(p) = 0, \\ \mathcal{Z}_k(p) = 0, \end{array} \right.$$

représentent les équations caractéristiques des équations différentielles

$$(95) \quad \left\{ \begin{array}{l} \mathcal{X}_k \left(\frac{d}{dt} \right) I = 0, \\ \mathcal{Z}_k \left(\frac{d}{dt} \right) V = 0. \end{array} \right.$$

Il est nécessaire, pour résoudre l'équation différentielle (90), de déterminer quelles sont les racines de ces équations caractéristiques.

On vérifie aisément, par récurrence, que, si aucune des capacités c_k (et notamment la capacité c_1) n'est nulle, et alors même que quelques-unes des conductances G_k ou g_k seraient nulles,

a) $\mathcal{X}_k$ est de degré $(k - 1)$ et a ses $(k - 1)$ racines réelles et négatives ;

b) $\mathcal{Z}_k$ est de degré k et a ses k racines réelles et négatives ;

c) Chacune des k racines de $\mathcal{Z}_k$ est séparée de la suivante par une

et une seule racine de $\mathcal{X}_k$, en particulier, la plus grande racine de $\mathcal{X}_k$ est supérieure à la plus grande racine de $\mathcal{Z}_k$;

d) Chacune des $(k - 1)$ racines de $\mathcal{X}_k$ est séparée de la suivante par une et une seule racine de $\mathcal{X}_{k-1}$;

e) Chacune des k racines de $(g_k + c_k p)$ $\mathcal{Z}_{k-1}$ est séparée de la suivante par une et une seule racine de $\mathcal{X}_k$; en particulier, la plus grande racine, de $\mathcal{X}_k$ est inférieure à la plus grande racine de $(g_k + c_k p)$ $\mathcal{Z}_{k-1}$.

Lorsqu'un des condensateurs est inexistant, par exemple celui dont le rang est r , le degré des polynômes $\mathcal{Z}_k$, tels que $k \geq r$, se trouve diminué d'une unité. On peut considérer toutefois que ce cas est analogue au cas précédent, à la condition de compter, parmi les racines de $\mathcal{Z}_r$ et de $\mathcal{Z}_k$ ($k > r$), la valeur $(-\infty)$, vers laquelle tend le rapport $-\frac{g_k}{c_k}$ lorsque c_k tend vers zéro.

En particulier, lorsque $c_1 = 0$ (cas d'un récepteur résistant),

a) $\mathcal{X}_k$ est de degré $(k - 1)$ et a ses $(k - 1)$ racines réelles et négatives ;

b) $\mathcal{Z}_k$ est de degré $(k - 1)$ et à ses $(k - 1)$ racines réelles et négatives ;

c) Chacune des $(k - 1)$ racines de $\mathcal{Z}_k$ est séparée de la suivante par une et une seule racine de $\mathcal{X}_k$; la plus petite racine de $\mathcal{Z}_k$ est supérieure à la plus petite racine de $\mathcal{X}_k$; il en va de même pour les plus grandes racines de ces deux polynômes ;

d) Chacune des $(k - 1)$ racines de $(g_k + c_k p)$ $\mathcal{Z}_{k-1}$ est séparée de la suivante, par une et une seule racine de $\mathcal{X}_k$; la plus petite racine de P_k est inférieure à la plus petite racine de ladite expression.

Tout ce qui précède suppose que, pour aucune valeur de k , $\mathcal{Z}_{k-1}$ n'admette comme racine :

$$p = -\frac{g_k}{c_k}.$$

S'il en était ainsi, cette racine serait encore racine de $\mathcal{X}_k$ et de $\mathcal{X}_k$, ainsi que des polynômes correspondants, de degré supérieur. Il suffirait d'en faire abstraction dans la suite, en remplaçant respectivement $\mathcal{X}_k$ et $\mathcal{Z}_k$, par $\frac{\mathcal{X}_k}{g_k + c_k p}$ et $\frac{\mathcal{Z}_k}{g_k + c_k p}$. Dès lors, le degré

de l'équation différentielle reliant J_{k+1} à V_k serait abaissé d'une unité et il en serait de même pour toutes les équations correspondantes, de degré supérieur, en particulier pour l'équation différentielle (90).

Les racines des équations caractéristiques (94) étant connues, on peut écrire l'expression de la solution de l'équation du $k^{\text{ième}}$ ordre:

$$(96) \quad \mathcal{Q}_k \left(\frac{d}{dt} \right) V = f(t),$$

qui est, pour $t = 0$, nulle ainsi que ses $(k - 1)$ premières dérivées.

Cette solution est égale à :

$$(97) \quad V = \int_0^t f(\tau) \cdot \sum_{i=1}^k \frac{\exp p_i (t - \tau)}{\frac{\partial \mathcal{Q}_k}{\partial p}(p_i)} \cdot d\tau,$$

expression dans laquelle p_i représente successivement chacune des racines de l'équation caractéristique $\mathcal{Q}_k(p) = 0$, et où le dénominateur représente la valeur numérique de la dérivée de $\mathcal{Q}_k$ par rapport à p , lorsque l'on donne à p la valeur p_i .

La formule précédente peut s'établir immédiatement en faisant appel aux règles du calcul symbolique : sa démonstration par la méthode classique de la variation des constantes de l'équation sans second membre, ne présente aucune difficulté et a été d'ailleurs déjà souvent publiée. Liée à l'équation (91) ou à l'équation (90), elle permet d'exprimer la tension à l'origine d'une partie du réseau terminal, lorsque l'on connaît la valeur de l'intensité du courant qui pénètre dans cette partie du réseau ; elle permet notamment d'exprimer la tension de l'extrémité du câble, en fonction de l'intensité du courant sortant du câble en cette extrémité. On a, par exemple :

$$(98) \quad V_e = \int_0^t \mathcal{Q}_n \left(\frac{d}{dt} \right) I_e(\tau) \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\exp p_i (t - \tau)}{\frac{\partial \mathcal{Q}_n}{\partial p}(p_i)} \cdot d\tau.$$

Cette expression peut, d'autre part, s'intégrer par parties.

Supposons, en premier lieu, que tous les c_k soient différents de zéro et que même $\mathcal{Q}_n$ soit d'ordre $n - 1$. Alors, si, pour $t = 0$, I_e est nul, ainsi que ses $(n - 2)$ premières dérivées, il est aisé de voir que

toutes les parties intégrées qui se rencontrent dans les intégrations successives des termes comprenant des dérivées de I_e , sont nulles entre les limites 0 et t .

Tous calculs faits, on obtient alors, en définitive :

$$(99) \quad V_e = \int_0^t I_e(\tau) \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\mathcal{X}_n(p_i)}{\frac{\partial \mathcal{Q}_n}{\partial p}(p_i)} \exp p_i (t - \tau) \cdot d\tau.$$

Du fait, remarqué plus haut, que les racines de $\mathcal{X}_n$ et de $\mathcal{Q}_n$ sont imbriquées les unes dans les autres, résulte d'autre part, que tous les termes

$$\frac{\mathcal{X}_n(p_i)}{\frac{\partial \mathcal{Q}_n}{\partial p}(p_i)}$$

sont essentiellement positifs.

Ainsi, la relation (99) est de la forme :

$$(100) \quad \begin{cases} V_e = \int_0^t I_e(\tau) \cdot \sum_{i=1}^n A_i \exp p_i (t - \tau) d\tau, \\ V_e = \int_0^t I_e(t - \tau) \cdot \sum_{i=1}^n A_i \exp (-\alpha_i \tau) d\tau, \end{cases}$$

avec

$$(101) \quad \begin{cases} A_i > 0, \\ \alpha_i = -p_i > 0. \end{cases}$$

On reconnaît là la forme des produits de composition, qui ont été l'objet d'une étude particulière au début de cette note.

Les réseaux considérés jouissent donc des propriétés suivantes : Lorsque, à l'instant 0, l'intensité du courant entrant dans le réseau est nulle ainsi que ses $(n - 2)$ premières dérivées (condition essentielle pour que l'expression (100) soit valable), la tension à l'origine du réseau est positive (négative), au moins tant que le courant entrant est positif (négatif). De même, la tension est croissante, au moins tant que le courant est croissant.

Si, pendant un certain intervalle de temps, de 0 à t_1 , on a $V'_e > 0$, et si $V'_e(t_1) = 0$, on a nécessairement $I'_e(t_1) < 0$. En outre, pendant tout cet intervalle de temps, on a nécessairement $I_e > 0$.

Les résultats précédents subsistent encore dans le cas où, tous les c_k étant différents de 0, il arrive que le degré de $\mathcal{Q}_n$ soit inférieur au nombre des condensateurs shuntés : dans ce cas, il conviendrait de donner à n , dans l'énoncé des propriétés du réseau, une valeur égale au degré de l'équation caractéristique $\mathcal{Q}_n(p) = 0$.

Considérons maintenant le cas où c_1 serait nul, c'est-à-dire le cas où le réseau, constitué de condensateurs shuntés et de décharges, alimenterait un récepteur assimilable à une simple résistance.

Nous avons remarqué que, dans ce cas, le degré des équations caractéristiques de l'ensemble des installations reliées à l'extrémité du câble est le même pour $\mathcal{X}$ et pour $\mathcal{Q}$, et égal, dans le cas le plus général, au nombre des condensateurs shuntés existant effectivement. Dans certains cas spéciaux, il pourrait être légèrement inférieur.

Quoiqu'il en soit, changeant légèrement nos notations, convenons d'attribuer à n une valeur égale au degré des équations caractéristiques, augmenté de 1.

L'intégration par parties de (98) ne peut s'effectuer, de telle sorte qu'aucune partie intégrée ne subsiste en dehors de l'intégrale.

Posons :

$$(102) \quad G = g_1 + G_1 + G_2 + \dots G_n.$$

Si, pour $t=0$, I_e est nul ainsi que ses $(n-2)$ premières dérivées, on obtient, après tous calculs effectués :

$$(103) \quad V_e = \frac{I_e}{G} + \int_0^t I_e(\tau) \sum_1^{n-1} \frac{\mathcal{Q}_n(p_i)}{\frac{\partial \mathcal{Q}_n}{\partial p}(p_i)} \exp p_i(t-\tau) \cdot d\tau.$$

Pour une raison analogue à celle qui a été indiquée au sujet de l'équation (100), on peut encore écrire :

$$(104) \quad V_e = \frac{I_e}{G} + \int_0^t I_e(t-\tau) \cdot \sum_1^{n-1} A_i \exp(-\alpha_i \tau) \cdot d\tau,$$

avec

$$(105) \quad \begin{cases} \alpha_i > 0, \\ A_i > 0. \end{cases}$$

Les mêmes propriétés qui ont été indiquées des réseaux auxquels s'appliquent les formules (100) et (101) appartiennent encore aux réseaux actuellement considérés. Lorsque, à l'instant 0, l'intensité du courant entrant dans le réseau est nulle, ainsi que ses $(n - 2)$ premières dérivées,

- a) au moins tant que I_e est positif, V_e est positif ;
- b) au moins tant que J_e est croissant, V_e est croissant ;
- c) au moment où I_e s'annule pour la première fois, V'_e est décroissant ;
- d) V'_e ne peut s'annuler, pour la première fois, qu'en un moment où I'_e est négatif ;
- e) au moins tant que V'_e est positif (ou s'annule pour la première fois), I_e est positif.

Les trois premières propositions sont évidentes. Démontrons la quatrième et la cinquième.

De l'équation obtenue en dérivant (104) membre à membre, on déduit que, si, de 0 à t_1 , V'_e est constamment positif, c'est que l'intégrale demeure positive lorsque, pendant quelques parties de cet intervalle, I'_e prend des valeurs négatives : en vertu de remarques faites au début de cette note, l'intégrale demeure positive *a fortiori* pendant les parties de cet intervalle où I_e prend des valeurs positives : de là, résulte évidemment la proposition d). D'autre part, on a démontré au même endroit que, au moins tant que l'intégrale reste positive, I_e (intégrale de I'_e) demeure lui-même positif.

Les propriétés qui viennent d'être énoncées sont les mêmes que celles qui ont servi à l'étude du courant sortant du câble, lorsque celui-ci est relié à la terre à travers un condensateur shunté.

Des propriétés analogues peuvent être énoncées, concernant les diverses dérivées de V_e et de I_e , qui sont nulles pour $t = 0$.

Ouvrons une parenthèse.

Les équations (99) et (103) ne diffèrent pas de celles qui exprimeraient la relation entre la tension et l'intensité du courant dans le cas, soit d'une suite de n condensateurs shuntés disposés tous en série, soit d'une suite de $n - 1$ condensateurs shuntés disposés tous en série et suivie d'une résistance de valeur $\frac{1}{G}$. Les constantes de

temps de ces divers condensateurs seraient égales aux inverses des valeurs α''_1 , égales elles-mêmes, au signe près, aux racines de l'équation caractéristique $\mathcal{Q}_n(p) = 0$.

Il y a cependant une grande différence entre les deux cas : les équations (99) et (103) n'ont été établies que dans l'hypothèse d'une intensité I'_e , nulle ainsi que ses $(n - 2)$ premières dérivées, à l'instant $t = 0$. Si quelqu'une de ces dérivées avait une valeur différente de zéro, les seconds membres devraient être complétés par des termes de la forme :

$$\sum_j a_j I^{(j)}(0) \cdot \sum_{i=1}^n B_{ij} \exp p_i t.$$

Au contraire, les équations (99) et (103) représenteraient, dans le cas d'une suite de condensateur shuntés tous en série, la valeur de V_e en fonction de I_e , quels que soient $n = I_e$ et ses diverses dérivées, si du moins V_e doit être nul à l'instant 0, ainsi que le potentiel de chaque point de la chaîne.

Quoi qu'il en soit, nous pouvons examiner le dispositif terminal d'un autre point de vue, et faire quelques remarques au sujet du sens de variation des différents courants I_k et J_k et des différentes tensions V_k , lorsque l'on suppose connue la loi d'établissement du courant dans la branche réceptrice.

Il est aisé de voir que, au moins tant que $J_1 > 0$, on a : $V_1 > 0$; par conséquent, $J_2 > 0$, $U_2 > 0$... et ainsi de suite de proche en proche.

Plus généralement, au moins tant que

$$J_1^{(1)} > 0, \text{ on a :}$$

$$J_k^{(1)} > 0,$$

$$V_k^{(1)} > 0,$$

$$V_k^{(1)} > 0,$$

k étant quelconque.

D'autre part, soit $\mathcal{J}_1$ une fonction arbitraire, cependant nulle pour $t = 0$, ainsi que celles de ses dérivées dont l'ordre est celui des dérivées nulles de J_1 .

Soient $\mathcal{J}_k$, $\mathcal{U}_k$ et $\mathcal{V}_k$ les fonctions se calculant à partir de $\mathcal{J}_1$, ce

la même manière que J_k et V_k peuvent se calculer à partir de J_1 .

Soit P un polynome différentiel symbolique :

$$P = a_0 + a_1 \frac{d}{dl} + \dots + a_m \frac{d^m}{dl^m},$$

dont toutes les racines de l'équation caractéristique sont nulles et positives.

Au moins tant que

$$P(J_1) > P(\mathcal{J}_1), \quad \text{on a :}$$

$$P(J_k) > P(\mathcal{J}_k),$$

$$P(U_k) > P(\mathcal{U}_k),$$

$$P(V_k) > P(\mathcal{V}_k).$$

COURANT A LA SORTIE DU CÂBLE,
ET COURANT REÇU A LA SORTIE DES DISPOSITIFS
DE LA CLASSE ÉTUDIÉE.

Nous avons reconnu que les dispositifs de la classe étudiée jouissaient de certaines propriétés, qui ont servi à l'étude de la réception sur condensateur shunté. Les raisonnements faits au cours de cette étude, reproduits ici, conduiraient donc aux conclusions suivantes :

a) La tension V_e à la sortie du câble est toujours positive et croissante, et inférieure à $\mathcal{V}_e$ (tension à l'extrémité du câble supposée isolée). Ainsi, l'intensité I_e du courant sortant du câble est toujours positif et inférieure à l'intensité $\mathcal{J}_e$ représentée par la courbe de Thomson. Il en est de même, d'ailleurs, pour l'intensité I_n du courant traversant la décharge, ou pour celle J_n du courant, entrant dans le réseau.

La première inflexion de V_e est postérieure à l'inflexion de $\mathcal{J}_e$. Même, plus généralement, l'instant où s'annule pour la première fois la dérivée d'ordre quelconque k de V_e est postérieur à l'instant où s'annule pour la première fois la dérivée de même ordre k , de $\mathcal{J}_e$.

Au moins tant que $V_e^{k+1} > 0$, on a :

$$(106) \quad \begin{cases} 0 < I_e^{(k)} < \mathcal{J}_e^{(k)}, \\ 0 < V_e^{(k)} < \mathcal{V}_e^{(k)}. \end{cases}$$

b) Étudions quelle est l'influence de la conductance de la décharge placée directement à la sortie du câble. Rappelons les notations antérieurement choisies :

G_n représente la conductance de cette décharge,

I_n est l'intensité du courant la traversant,

J_n est l'intensité du courant entrant dans le condensateur shunté relié directement à la sortie du câble.

Dans ce paragraphe, convenons de supprimer les indices n , et même désignons par $G_{(1)}$ et $G_{(2)}$ les valeurs des conductances de deux décharges différentes, $I_{(1)}$ et $I_{(2)}$ les intensités des courants les traversant, $J_{(1)}$ et $J_{(2)}$ les intensités des courants entrant dans l'ensemble, laissé inaltéré du dispositif terminal.

Aux notations près, l'équation (71) est encore valable. A l'instar de (72) on a :

$$(107) \quad V_{(1)} - V_{(2)} = \int_0^t [J_{(1)} - J_{(2)}](\tau) \cdot \sum A_i e^{-\alpha_i(t-\tau)} d\tau,$$

soit :

$$(108) \quad V_{(1)} - V_{(2)} = \frac{J_{(1)} - J_{(2)}}{G} + \int_0^t [J_{(1)} - J_{(2)}](\tau) \sum A_i e^{-\alpha_i(t-\tau)} d\tau,$$

équations montrant qu'à l'instant où, pour la première fois, $V'_{(1)} - V'_{(2)}$ s'annule, $J_{(1)} - J_{(2)}$ est décroissant. (La démonstration en a été faite un peu plus haut).

On a donc encore, comme dans le cas du condensateur shunté, pour

$$G_{(1)} > G_{(2)},$$

quel que soit t :

$$(109) \quad \left. \begin{array}{l} V'_{(1)} < V'_{(2)}, \\ J_{(1)} < J_{(2)}, \\ \frac{G_{(1)}}{G_{(2)}} I_{e(2)} > I_{e(1)} > I_{e(2)}, \\ I_1 > I_2. \end{array} \right\}$$

On a de même, au moins jusqu'à la première inflexion de $V_{(2)}$, des relations analogues entre les dérivées premières de ces diverses fonctions ; au moins jusqu'à ce que $V_{(2)}^{(k+1)}$ s'annule pour la première fois, des relations analogues entre les dérivées d'ordre k de ces diverses fonctions.

Ainsi, le premier maximum de $J_{(1)}$ précède celui de $J_{(2)}$; l'instant où $J_{(1)}^{(k)}$ s'annule pour la première fois est antérieur à celui où $J_{(2)}^{(k)}$ s'annule pour la première fois, mais postérieur à celui où $J_e^{(k)}$ s'annule pour la première fois.

c) Supposons maintenant que, sans modifier la décharge, ou en en faisant abstraction et en la considérant comme appartenant au réseau, on substitue à un réseau terminal un réseau dont l'admittance à l'origine serait, à un facteur constant près, identique à celle du premier.

Autrement dit, si la relation entre l'intensité du courant ternant et le potentiel du premier réseau est :

$$(110) \quad V_{(1)} = \int_0^t J_{(1)}'(\tau) \cdot F(t - \tau) d\tau,$$

supposons que le second réseau soit caractérisé par la relation :

$$(111) \quad V_{(2)} = \int_0^t J_{(2)}(\tau) \cdot mF(t - \tau) d\tau,$$

la fonction F étant la même dans les deux cas, et m étant une constante.

De ces deux relations, on tire :

$$(112) \quad V_{(2)} - V_{(1)} = \int_0^t (mJ_{(2)}' - J_{(1)}')(\tau) F(t - \tau) d\tau.$$

D'autre part :

$$(113) \quad J_{(1)} - J_{(2)} = \int_0^t (V_{(2)}' - V_{(1)}')(\tau) \cdot J_0(t - \tau) d\tau$$

s'il n'y a pas de décharge, ou bien :

$$(114) \quad J_{(1)} - J_{(2)} = \int_0^t (V_{(2)}' - V_{(1)}')(\tau) \cdot [J_0(t - \tau) + G_n] d\tau.$$

Si $m < 1$, on est assuré que, au moins au début du signal, tant que $V_{(2)} - V_{(1)} > 0$, on a :

$$(115) \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{J_{(2)}}{m} > J_{(1)} > J_{(2)}, \\ V_{(1)} < V_{(2)}. \end{array} \right.$$

D'autre part, à l'instant où l'on aurait :

$$V_{(2)}' = V_{(1)}',$$

$J_{(1)} - J_{(2)}$ serait décroissant ; et $mJ'_{(2)} - J'_{(1)}$ serait négatif. Ceci n'est possible qu'autant que $J'_{(1)}$ et $J'_{(2)}$ sont eux-mêmes négatifs tous deux.

Ainsi on est assuré que les relations (115) sont valables au moins jusqu'à ce que les deux courbes aient atteint leur premier maximum.

Pendant tout ce temps, s'il y a une décharge (de valeur égale dans les deux cas), on a en outre :

$$(116) \quad \begin{cases} I_{e(1)} > I_{e(2)}, \\ I_{(1)} < I_{(2)}, \end{cases}$$

$I_{(1)}$ et $I_{(2)}$ représentant l'intensité du courant dans la décharge.

d) Comparons enfin l'intensité du courant sortant du câble, d'une part lorsque le câble est fermé sur une résistance $\frac{1}{G}$, d'autre part lorsque cette résistance constitue une décharge et que la réception se fait à travers un réseau de la classe considérée. Affectons au premier cas l'indice (1), au second cas l'indice (2).

On a :

$$(117) \quad J_{(2)} = \int_0^t (V'_{(1)} - V'_{(2)}) (\tau) \cdot [\mathcal{J}_0(t - \tau) + G_n] d\tau.$$

Comme $J_{(2)}$ est essentiellement positif, on a, quel que soit t ;

$$(118) \quad \begin{cases} V_{(1)} > V_{(2)}, \\ I_{(1)} > I_{(2)}. \end{cases}$$

D'un autre côté, au moins tant que $J_{(2)}$ est croissant, on a :

$$(119) \quad \begin{cases} V'_{(1)} > V'_{(2)}, \\ I'_{(1)} > I'_{(2)}. \end{cases}$$

et comme, d'autre part,

$$(120) \quad I_{e(2)} - I_{e(1)} = \int_0^t (V'_{(1)} - V'_{(2)}) (\tau) \mathcal{J}_0(t - \tau) d\tau,$$

il s'ensuit que

$$(121) \quad I_{e(2)} > I_{e(1)}.$$

e) L'ensemble de toutes ces inégalités permet de se faire une idée assez exacte de l'allure du courant sortant du câble, aux premiers instants qui suivent l'établissement du signal : il montre en particulier que, pour ces instants, l'intensité du courant sortant du

câble est d'une part supérieure à celle du courant qui serait reçu soit sur la décharge seule, soit dans le dispositif terminal seul, d'autre part, inférieur à la somme de ces deux intensités. Si donc, par ailleurs, on sait quels seraient ces deux intensités, et si l'une d'elles est petite devant l'autre, on voit que, dans le cas complexe, on connaît simplement I_e avec une bonne approximation...

f) La connaissance de I_e permet, en tenant compte des équations différentielles qui s'appliquent au dispositif terminal, de déterminer l'intensité du courant I_r reçu dans le récepteur proprement dit.

Nous pouvons établir tout d'abord une importante inégalité.

On a évidemment :

$$(122) \quad I_r = I_e - \sum_1^n I_k.$$

Or, ainsi que nous l'avons vu prudemment, si I_r ne devient jamais négatif, V_1 est toujours positif, ainsi que J_2, U_2, V_2 , et ainsi de suite. Dès lors, quel que soit k , on a :

$$(123) \quad \begin{aligned} I_k &> 0, \\ I_r &< I_e < \mathcal{J}_e. \end{aligned}$$

Ces inégalités ne pourraient d'ailleurs, cesser d'être satisfaites que si, à un instant donné, I_r devenait négatif. Au moins jusqu'à cet instant, elles subsisteraient.

Des inégalités analogues valent pour les dérivées des différents ordres des fonctions I_r, I_e et $\mathcal{J}_e$.

Cette inégalité (123) est importante, parce qu'elle fixe, *a priori*, une limite inférieure du temps qui est nécessaire pour que la courbe de l'intensité I_r atteigne une première fois une valeur égale à la valeur définitive en régime permanent.

Une courbe particulièrement avantageuse pour la télégraphie rapide serait une courbe différant peu de la courbe rectangulaire représentant la variation de la tension à l'origine du câble.

D'après l'inégalité (123), ce que l'on peut espérer de mieux serait que l'on puisse obtenir une courbe I_r qui, au début, s'éloigne très peu de la courbe de Thomson, puis, s'étant ainsi approché de l'horizontale représentant la valeur de l'intensité lorsque le régime

permanent est réalisé, s'éloigne franchement de la courbe de Thomson pour se rapprocher encore plus de ladite horizontale.

Même dans ces conditions particulièrement favorables, le régime permanent ne serait atteint rapidement que si l'on peut consentir à ce que l'intensité du courant en régime permanent soit suffisamment faible.

g) Pour compléter l'étude, nous pouvons indiquer quelques équations différentielles simples permettant d'obtenir des limites supérieures et inférieures de I_r dans les premiers instants qui suivent le signal, en fonction de I_0 et de ses dérivées supposés connus avec plus ou moins d'exactitude, à partir des considérations précédentes.

Des équations du système (92) on tire aisément :

$$(124) \quad \left[G_k + \left(1 + \frac{G_k}{G_{k-1}} \right) \left(g_k + c_k \frac{d}{dt} \right) \right] J_k = \left(g_k + c_k \frac{d}{dt} \right) \left(J_{k+1} + \frac{G_k}{G_{k-1}} J_{k-1} \right)$$

et

$$(125) \quad \left[G_k + g_k + c_k \frac{d}{dt} \right] J_k = \left(g_k + c_k \frac{d}{dt} \right) \left[J_{k+1} - \frac{G_k}{G_{k-1}} (J_k - J_{k-1}) \right].$$

Considérons l'équation (124). Au moins tant que

$$\left(g_k + c_k \frac{d}{dt} \right) J_{k-1} > 0,$$

on est assuré que $J_k > \mathcal{J}_k$, $\mathcal{J}_k$ représentant la solution de l'équation différentielle

$$(126) \quad \left[G_k + \left(1 + \frac{G_k}{G_{k-1}} \right) \left(g_k + c_k \frac{d}{dt} \right) \right] \mathcal{J}_k = \left(g_k + c_k \frac{d}{dt} \right) J_{k+1}.$$

D'autre part, si l'on a à la fois pendant un certain temps à partir de l'origine :

$$\left(g_{k-1} + c_{k-1} \frac{d}{dt} \right) J_{k-2} > 0$$

et

$$\left(g_{k-1} + c_{k-1} \frac{d}{dt} \right) J_k > \left(g_{k-1} + c_{k-1} \frac{d}{dt} \right) \mathcal{J}_k,$$

on est assuré que, pendant ce temps,

$$\mathcal{J}_{k-1} > \mathcal{J}_{k-1},$$

cette dernière fonction étant la solution de l'équation différentielle

$$\left[G_{k-1} + \left(1 + \frac{G_{k-1}}{G_{k-2}} \right) \left(g_{k-1} + c_{k-1} \frac{d}{dt} \right) \right] \mathcal{J}_{k-1} = \left(g_{k-1} + c_{k-1} \frac{d}{dt} \right) \mathcal{J}_k.$$

En faisant le calcul de proche en proche à partir de $\bar{I}_e = J_{n+1}$, on constate que, au moins tant que

$$\prod_{k=1}^n \left(g_k + c_k \frac{d}{dt} \right) J_1 > 0,$$

on a :

$$J_1 > \mathcal{J},$$

$\mathcal{J}$ étant la solution de l'équation différentielle (nulle pour $t = 0$ ainsi que ses n premières dérivées).

$$(127) \quad \prod_{k=1}^n \left[G_k + \left(1 + \frac{G_k}{G_{k-1}} \right) \left(g_k + c_k \frac{d}{dt} \right) \right] \mathcal{J} = \prod_1^n \left(g_k + c_k \frac{d}{dt} \right) I_e.$$

Un raisonnement analogue permet de montrer à partir de l'équation (125), que, au moins tant que

$$\prod_{k=1}^n \left(g_k + c_k \frac{d}{dt} \right) \mathcal{J}_1 > 0,$$

on a :

$$J_1 < \mathcal{J},$$

$\mathcal{J}$ étant la solution de l'équation différentielle

$$(128) \quad \prod_{k=1}^n \left[G_k + g_k + c_k \frac{d}{dt} \right] \mathcal{J} = \prod_1^n \left(g_k + G_x \frac{d}{dt} \right) I_e.$$

Ces deux limites, inférieure et supérieure, de J_1 sont très voisines l'une de l'autre lorsque les différents rapports $\frac{G_k}{G_{k-1}}$ sont petits devant l'unité. Il semble donc que cette circonstance soit avantageuse et doit être réalisée autant que possible.

h) Si, en outre, on peut consentir à ce que l'intensité du courant traversant le récepteur, lorsque le régime permanent est atteint, soit suffisamment faible, on peut donner aux décharges des conductances de valeur G_k grandes devant celles des shunts des condensateurs. Dans ces conditions, les polynômes différentiels des premiers membres des équations (127) et (128) différeront beaucoup de ceux qui figurent dans les deuxièmes membres, la différence consistant

en la présence de termes en J . On conçoit, dans ces conditions, qu'une certaine approximation de la valeur de J_1 soit donnée par les formules :

$$(129) \quad J_1 = \frac{\Pi_1^n \left(g_k + c_k \frac{d}{dt} \right) I_e}{\Pi_1^n (G_k + g_k)},$$

ou

$$(130) \quad J_1 = \frac{\Pi_1^n \left(g_k + c_k \frac{d}{dt} \right) I_e}{\Pi_1^n G_k}.$$

De ces équations résulterait qu'au moins au début du signal, la relation entre J_1 et I_e dépendrait beaucoup moins de la valeur absolue des résistances et capacités des éléments du dispositif terminal, que des valeurs des constantes de temps des divers éléments et des rapports existant entre les résistances des shunts des condensateurs et celles des décharges.

De deux dispositifs terminaux électriquement semblables (c'est-à-dire tels que tous les G , g et c de l'un sont proportionnels à ceux de l'autre), le plus avantageux serait celui qui aurait les conductances les plus grandes, car, pour un tel dispositif, I_e et ses dérivées s'approcheraient le plus des limites qu'ils ne peuvent dépasser, à savoir J_e et ses dérivées : dès lors, la croissance de J_1 serait plus rapide.

Toutefois, il n'y a pas avantage à exagérer la valeur des conductances G_k . On n'ignore point que, lorsque la conductance d'un dispositif est déjà assez grande devant celle du câble, la courbe de l'intensité du courant entrant dans ce dispositif est suffisamment voisine de la courbe de Thomson pour qu'un accroissement de la conductance n'entraîne aucune modification sensible de cette courbe de l'intensité du courant entrant. D'autre part, il n'est pas possible, en pratique, de constituer des condensateurs ayant une capacité illimitée. Si donc on est tenu de donner aux éléments du dispositif des valeurs déterminées de leurs constantes de temps (et quelques considérations développées plus loin montreront que le problème se pose ainsi), on voit que les valeurs à donner aux conductances g , des shunts des condensateurs sont limitées. Dès lors, en donnant

aux conductances G des décharges des valeurs trop grandes, on ne fait que diminuer la valeur de l'intensité du courant de réception sans améliorer sensiblement la forme de la courbe de cette intensité.

SECONDE EXPRESSION
DE L'INTENSITÉ DES COURANTS SORTANT D'UN CÂBLE
OU TRAVERSANT UN RÉCEPTEUR.

Dans ce qui précède nous n'avons spécialement étudié la forme des courbes d'intensité de courant que dans leurs premières branches, qui correspondent aux moments qui suivent l'instant de l'émission du signal.

Les équations que nous avons utilisées et le mode de raisonnement que nous avons employé se sont prêtés à une discussion assez complète, quoique facile, que pour un laps de temps d'autant moins long que le dispositif terminal envisagé était plus complexe. Il n'y a pas là, cependant, un trop grave défaut, car le but poursuivi en compliquant les dispositifs terminaux est justement d'abrégé de plus en plus la durée sensible de la période variable.

Quoi qu'il en soit, il y a intérêt à examiner particulièrement l'allure des courbes d'intensité de courant dans leur dernière branche, qui correspond à l'établissement pratique du régime permanent.

Mieux que les équations utilisées dans la première partie de l'étude, d'autres équations, tout aussi classiques, vont permettre de discuter cette seconde partie du problème général : ces équations sont celles que l'on obtient en appliquant la règle de calcul de Heaviside.

Rappelons quelle est cette règle, en l'appliquant au cas d'un câble comportant à son extrémité un dispositif terminal de la classe qui a été précédemment considérée.

Lorsqu'à l'origine du câble est appliquée en permanence une force électromotrice imaginaire de valeur $\exp(pt)$, l'intensité du courant sortant de ce câble lorsque le régime permanent est établi est :

$$(131) \quad I_e = \frac{\exp(pt)}{Z \operatorname{ch} \varpi + Z_n \operatorname{sh} \varpi},$$

expression dans laquelle représentent respectivement :

Z_n , l'impédance caractéristique du câble pour la pulsation

$$\omega = \frac{p}{j} \text{ (} j \text{ représentant l'unité imaginaire),}$$

ϖ , la constante totale de transmission du câble pour la même pulsation,

Z , l'impédance du dispositif terminal pour la même pulsation.

On a de même, comme expression de l'intensité du courant traversant la branche réceptrice :

$$(132) \quad I_r = \frac{\exp(pt)}{(Z \operatorname{ch} \varpi + Z_n \operatorname{sh} \varpi) A}.$$

A représentant un certain rapport d'impédances définies pour la pulsation considérée.

Lorsqu'il s'agit d'un câble sans inductance ni perditance, et qu'on choisit, pour exprimer les temps et les caractéristiques électriques du câble et de ses accessoires, le système d'unités défini au début de cette étude, on a :

$$Z_n = \sqrt{\frac{1}{p}},$$

$$\varpi = \sqrt{p}.$$

Dans le cas des dispositifs terminaux envisagés, la fonction Z a été déterminée d'une manière générale :

$$(133) \quad Z = \frac{\mathfrak{X}_n(p)}{\mathfrak{Z}_n(p)}.$$

Nous pouvons noter que cette fonction a un nombre d'asymptotes égal au nombre n de cellules élémentaires constituant le dispositif.

Du fait qu'il existe toujours, entre deux racines consécutives de $\mathfrak{Z}_n$, une et une seule racine de $\mathfrak{X}_n$, et que, d'autre part, lorsque p est voisin de zéro, les deux fonctions $\mathfrak{X}_n$ et $\mathfrak{Z}_n$ sont positives, résulte que Z est essentiellement une fonction décroissante de p (lorsque l'on attribue à p des valeurs réelles).

En se reportant au système d'équations (92), et en calculant le rapport

$$\frac{I_e}{I_r} = A,$$

on trouve, pour A , l'expression très simple :

$$(134) \quad A = \frac{\mathfrak{Q}_n(p)}{\Pi_1^n(g_k + c_k p)}.$$

Ceci étant, désignons par $F(v)$ et $G(v)$ les fonctions obtenues en effectuant sur les dénominateurs de I_e et de I_r , le changement de variable

$$(135) \quad p = -v^2.$$

On obtient :

$$(136) \quad \begin{cases} F(v) = Z(-v^2) \cdot \cos v + \frac{\sin v}{v}, \\ G(v) = F(v) \cdot A(-v^2). \end{cases}$$

Considérons les racines positives des équations

$$(137) \quad \begin{cases} F(v) = 0, \\ G(v) = 0. \end{cases}$$

Il est important de noter que la seconde équation admet les mêmes racines que la première, sans plus. En effet, pour les racines de A ($-v^2$), c'est-à-dire de $\mathfrak{Q}_n(-v^2)$, la fonction $Z(-v^2)$ devient infinie, et la fonction $G(v)$ devient égale à :

$$(138) \quad G(v) = \frac{\mathfrak{T}_n(-v^2)}{\Pi_n(g_k - c_k v^2)} \cos v.$$

Or nous avons remarqué que, si $\mathfrak{T}_n$ et $\mathfrak{Q}_n$ ont une racine commune, cette racine est nécessairement une racine de Π_n . Ainsi, pour les racines de $A(-v^2)$, $G(v)$ garde une valeur différente de zéro.

Soient donc $v_1, v_2, \dots, v_n, \dots$ les racines positives des équations indiquées. D'après la règle de Heaviside, les intensités I_e et I_r correspondant au cas de l'application permanente, à partir de l'instant 0, d'une force électromotrice continue égale à l'unité, sont :

$$(139) \quad \begin{cases} I_e = \frac{1}{F(0)} + 2 \sum_{v=1}^{\infty} \frac{\exp(-v^2, t)}{v, \frac{\partial F}{\partial v}(v)}, \\ I_r = \frac{1}{G(0)} + 2 \sum_{v=1}^{\infty} \frac{\exp(-v^2, t)}{v, \frac{\partial G}{\partial v}(v)}. \end{cases}$$

La seconde expression est encore égale à :

$$(140) \quad I_r = \frac{1}{G(0)} + 2 \sum_1^{\infty} \frac{\exp(-v^2 v) t}{v \frac{\partial F}{\partial v}(v) \cdot A(v)}.$$

Dans ces formules, les termes constants $\frac{1}{F(0)}$ et $\frac{1}{G(0)}$ représentent l'intensité I_0 ou l'intensité I_r lorsque le régime permanent est atteint.

L'ensemble des termes variables peut donc être considéré comme représentant la distorsion apportée par le câble, ou par le câble et le dispositif terminal, dans la transmission du signal consistant en une émission indéfiniment prolongée. On diminuerait donc le degré de distorsion du signal reçu si l'on parvenait à réduire l'importance de cet ensemble des termes à décroissance exponentielles, relativement aux termes constants qui représentent l'intensité du courant permanent.

Avant de chercher une solution de ce problème, examinons déjà quelles sont les racines de l'équation caractéristique $F(v) = 0$.

Etude des racines de l'équation caractéristique. — Cette équation peut s'écrire :

$$(141) \quad Z(-v^2) = -\frac{\operatorname{tg} v}{v}.$$

Considérons la représentation graphique des fonctions figurant respectivement dans le premier et le second membre de cette équation.

La fonction $\frac{(-\operatorname{tg} v)}{v}$, égale à (-1) pour $v = 0$, est constamment décroissante. Elle admet une asymptote verticale pour les valeurs de v égales à : $k\pi + \frac{\pi}{2}$.

La fonction $Z(-v^2)$, positive ou nulle pour $v = 0$, est constamment croissante et admet n asymptotes verticales.

De là résulte immédiatement que : Entre deux asymptotes successives, soit de Z et de $\operatorname{tg} v$, soit de $\operatorname{tg} v$ et de Z , soit de Z , soit de $\operatorname{tg} v$, il existe une et une seule racine de l'équation.

Ainsi, l'équation comporte :

d'une part, une racine dans chaque intervalle compris entre des multiples impairs successifs de $\frac{\pi}{2}$;

d'autre part, n racines supplémentaires.

La première racine ne peut être supérieure ou même égale à π . Elle ne serait peu différente de cette valeur que si la première racine de l'équation $\mathcal{Q}(p)$ était, en valeur absolue, notablement supérieure à π^2 et que si, en outre, $Z(p)$ demeurerait très petit lorsque $p = \pi^2$. On peut réaliser cela en donnant, aux décharges que comporte le dispositif, de très grandes valeurs de conductance.

La première racine n'est inférieure à $\frac{\pi}{2}$ que si la première asymptote de $Z(-v^2)$ se trouve placée en avant de celle de $\operatorname{tg} v$.

Les plus grandes racines (supérieures à la valeur de l'abscisse de la dernière asymptote de $Z(-v^2)$) tendent à se rapprocher des multiples impairs de $\frac{\pi}{2}$.

Etude de l'expression de la distorsion. — Lorsque v est égal à une racine v_v de l'équation $F(v) = 0$, on a :

$$(142) \quad \begin{cases} v \frac{\partial F}{\partial v} = v \cos v \cdot \frac{d}{dv} \left[Z + \frac{\operatorname{tg} v}{v} \right], \\ v \frac{\partial G}{\partial v} = v \cos v \cdot A \cdot \frac{d}{dv} \left[Z + \frac{\operatorname{tg} v}{v} \right]. \end{cases}$$

Or l'expression entre crochets est toujours positive. Par conséquent, dans l'expression de l'intensité I_e du courant sortant du câble, les termes exponentiels sont multipliés par un coefficient dont le signe est celui de $\cos v_v$.

Ainsi, deux termes successifs, séparés l'un de l'autre par un multiple impair de $\frac{\pi}{2}$, sont de signe contraire. Toutes les racines situées au delà de la dernière asymptote de Z donnent donc naissance aux termes d'une série alternée. De même, s'il en existe plusieurs, les racines comprises en deçà de la première asymptote de Z donnent naissance à des termes alternativement positifs et négatifs.

On ne peut, *a priori*, rien dire de semblable des termes intervenant dans l'expression de I_r , les changements de signe de A pouvant, jusqu'à un certain point, être indépendants de la position des asymptotes de Z .

Quoi qu'il en soit, les expressions de I_e et de I_r se présentent sous une forme telle, qu'il est difficile de se rendre compte de la valeur que prennent ces fonctions lorsque t est assez petit. Mais, en revanche, lorsque t est grand, comme les décréments des termes exponentiels que comportent ces expressions des ordres de grandeur nettement différents les uns des autres, on voit que la considération du seul décrement du terme le moins amorti donne un renseignement déjà précis sur la durée pratique de la distorsion. Même si l'on ne connaît pas exactement la valeur des coefficients, si l'on sait que deux expressions de l'intensité du courant comportent respectivement, comme premier terme, $\exp(-\alpha_1 t)$ et $\exp(-\alpha_2 t)$, et que α_1 est beaucoup plus grand que α_2 , on peut dire que la durée pratique d'établissement du régime permanent est, dans le premier cas, bien moindre que dans le second, et qu'ainsi, au moins en ce qui concerne l'effet nuisible de la « traînée » des signaux, la première courbe est plus favorable que la première.

Ceci étant, reportons-nous à l'expression de l'intensité du courant reçu à l'extrémité d'un dispositif terminal de la classe étudiée, et comportant n condensateurs shuntés.

Il suffit de donner, aux constantes de temps de ces condensateurs shuntés, des valeurs égales aux carrés des inverses de certaines racines de l'équation caractéristique $F(v) = 0$, pour faire disparaître, dans l'expression de I_r , les exponentielles correspondantes.

Ainsi, en donnant aux constantes de temps des n condensateurs shuntés les valeurs :

$$\left(\frac{c}{g}\right)_i = \frac{1}{v_1^2}, \frac{1}{v_2^2}, \dots, \frac{1}{v_n^2},$$

on fait disparaître de l'équation de I_r les n premières exponentielles figurant dans l'expression de I_e .

Alors que, dans l'expression de la courbe de Thomson, le premier terme est (à une constante près) $\exp(-\pi^2 t)$, on peut, si

l'on a rejeté suffisamment loin les asymptotes de Z , obtenir, dans l'expression de I_r , un premier terme dont l'ordre est de $\exp(-(n+1)^2\pi^2t)$.

CONCLUSION.

Il nous est loisible, maintenant, de rapprocher les uns des autres les résultats acquis au cours des deux parties de cette étude.

Une forme favorable de la courbe de l'intensité du courant reçu dans un récepteur télégraphique d'inductance négligeable ne peut être obtenue par l'emploi de dispositifs appartenant à la classe que nous avons considérée, que si l'on peut consentir à ce que l'intensité des courants reçus soit faible par rapport à celle des courants que l'on recevrait dans le même récepteur branché directement à l'extrémité du câble : les ordonnées de la courbe de Thomson sont, à chaque instant, une borne supérieure de l'intensité des courants observables dans un appareil quelconque.

D'autre part, la durée pratique de la période transitoire, pendant laquelle s'établit graduellement le régime permanent, ne peut être réduite qu'à la condition d'employer des dispositifs comportant un nombre suffisant d'éléments, dont les constantes de temps sont convenablement choisies. Il semble que les valeurs à donner à ces constantes de temps doivent être telles, qu'elles conduisent à la disparition des premiers termes, dans l'expression, sous forme d'une série d'exponentielles, de l'intensité du courant traversant le récepteur.

Il peut sembler que ce résultat ne puisse être obtenu qu'au prix de calculs pénibles, puisque les termes de la série d'exponentielles envisagée dépendent de toutes les caractéristiques du dispositif terminal et, ainsi, des constantes de temps de ses divers éléments. En fait, les calculs peuvent être accélérés par l'emploi de méthodes graphiques et par usage d'approximations successives.

Au reste, il est possible d'examiner une fois pour toutes quelques cas limites : la connaissance des résultats correspondants est susceptible de servir de guide dans les applications à des cas concrets.

Supposons donc que nous puissions consentir à une réduction aussi grande que possible, des intensités des courants reçus.

En vertu des remarques faites antérieurement, on fermera le câble sur une décharge de très faible résistance (de telle sorte que le courant sortant du câble diffère peu du courant représenté par la courbe de Thomson), et l'on intercalera, entre la sortie du câble et l'appareil, soit un seul condensateur shunté, soit une série de n condensateurs shuntés séparés les uns des autres par des décharges à la terre. Les décharges auront une résistance très faible par rapport à la résistance des shunts des condensateurs.

Soient alors g_k et c_k les valeurs des conductances de shunt, et des capacités, des condensateurs shuntés.

Nous avons établi (formules 129 et 130), que l'identité du courant traversant le récepteur, supposé de résistance et d'inductance négligeables, était, en pareil cas, sensiblement égale à :

$$I_r = A \prod_1^n \left(g_k + c_k \frac{d}{dt} \right) \mathcal{J}_e,$$

A étant une constante, dépendant des valeurs exactes des conductances des diverses décharges.

D'autre part,

$$\mathcal{J}_e = 1 + 2 \sum_1^\infty \exp(-m^2 \pi^2 t).$$

Il est aisé de voir que, dans l'expression de I_r , on fait disparaître une exponentielle quelconque ($\exp - m^2 \pi^2 t$) en faisant :

$$g - m^2 \pi^2 c = 0, \\ \frac{c}{g} = \frac{1}{m^2 \pi^2}.$$

Pour faire disparaître les premières exponentielles, et d'ailleurs quel que soit le nombre n d'éléments du dispositif, on posera donc :

$$\frac{c_1}{g_1} = \frac{1}{\pi^2}, \\ \frac{c_2}{g_2} = \frac{1}{4\pi^2}, \\ \dots\dots\dots, \\ \frac{c_k}{g_k} = \frac{1}{k^2 \pi^2}.$$

Suivant le nombre des éléments employés, l'expression de la courbe du courant (ramenée à la valeur du régime permanent), sera ainsi :

$$\begin{aligned}
 I_{r1} &= J_e + \frac{1}{\pi^2} J'_e \\
 I_{r2} &= J_e + \frac{5}{4\pi^2} J'_e + \frac{1}{4\pi^4} J''_e \\
 I_{r3} &= J_e + \frac{49}{36\pi^2} J'_e + \frac{7}{18\pi^4} J''_e + \frac{1}{36\pi^6} J'''_e \\
 I_{r4} &= J_e + \frac{205}{144\pi^2} J'_e + \frac{271}{576\pi^4} J''_e + \frac{5}{96\pi^6} J'''_e + \frac{1}{576\pi^8} J''''_e = \\
 &= J_e + 0,144 J'_e + 4,85 \cdot 10^{-3} J''_e + 5,42 \cdot 10^{-5} J'''_e + 1,83 \cdot 10^{-7} J''''_e.
 \end{aligned}$$

Ce dernier résultat est à rapprocher d'une formule donnée par K.-W. Wagner en 1924 (*E.N.T.*, page 111 et sqq : *La télégraphie sous-marine rapide*), et établie empiriquement, autant qu'il puisse sembler. Cet auteur indique, à titre de courbe d'intensité de courant très avantageuse :

$$I_r = J_e + 0,14 J'_e + 4,5 \cdot 10^{-3} J''_e + 4,5 \cdot 10^{-5} J'''_e + 1,4 \cdot 10^{-7} J''''_e.$$

Ces deux expressions sont bien voisines l'une de l'autre, et leur correspondance semble étayer la théorie que nous venons d'esquisser.

Quoi qu'il en soit, l'examen de ces cas limites permet déjà de se rendre compte des possibilités offertes par l'emploi d'un dispositif plus ou moins complexe, et peut guider dans le choix du nombre d'éléments à adopter en vue d'atteindre un résultat proposé. D'autre part, la connaissance des valeurs des constantes de temps relatives à ces cas extrêmes est susceptible d'abréger les tâtonnements nécessaires pour la détermination, par approximations successives, des valeurs qu'il convient d'adopter dans la réalité.

Ces valeurs ne sont d'ailleurs pas strictement les valeurs auxquelles conduirait un calcul extrêmement précis : les câbles réels possèdent une certaine inductance, de même les appareils récepteurs : bien qu'il soit généralement légitime de les négliger dans les calculs, il apparaît que leur existence se manifeste néanmoins dans la loi d'établissement du courant. Toutefois, une étude de l'allure générale

des phénomènes permet de déterminer d'une manière suffisante l'ordre de grandeur des caractéristiques électriques des dispositifs qui sont susceptibles de donner de bons résultats, restreint ainsi le champ des investigations expérimentales, et donne donc plus de facilités à la recherche d'une solution pratique satisfaisante.

LA NORMALISATION EN FRANCE,

par E. LHOSTE,

secrétaire général de la Commission permanente de standardisation. ⁽¹⁾

Le problème de la normalisation est à l'ordre du jour. Le grand public commence à s'y intéresser. Son attention a été attirée par divers articles et communiqués parus tout récemment dans les journaux ; il demande maintenant à être renseigné.

Trois questions se posent :

1^o Faut-il normaliser ?

2^o Comment normalise-t-on ?

3^o Normalisera-t-on ?

Le présent article essaiera de donner une réponse précise à chacune de ces trois questions.

1^o Faut-il normaliser ? — Le mot français de *normalisation* doit être préféré au mot anglo-saxon de *standardisation* ; tous deux sont rigoureusement synonymes. Nous n'emploierons le mot de *standardisation* que dans l'expression « Commission permanente de standardisation », parce que c'est le nom officiel d'un organisme existant ; mais nous espérons que ce nom sera bientôt changé en celui de « Commission permanente de normalisation ».

La normalisation peut être définie par le but à atteindre et par les moyens employés pour y parvenir.

Le but est de diminuer le prix de revient des produits fabriqués.

Les moyens sont, d'une part, la réduction à des types, à des formes, à des dimensions bien déterminés de tout ce qui est du domaine industriel, qu'il s'agisse de pièces de machines, de matériel

1. Cet article, paru dans la *Revue politique et parlementaire* du 10 novembre dernier, reproduit les parties essentielles d'une conférence publique faite par l'auteur le 16 novembre 1928 dans l'amphithéâtre de l'Ecole professionnelle supérieure des postes et télégraphes.

entrant dans les constructions, d'objets d'usage courant, etc... : c'est la normalisation des formes ; d'autre part, l'unification et la simplification des conditions de réception des produits de toute sorte: c'est la normalisation des qualités.

Cette dernière ne doit être envisagée que dans les cas où l'intérêt général est en jeu et doit, au contraire, être résolument écartée lorsqu'elle risque d'être une entrave aux transactions. Il est inadmissible, notamment, que, par mesure d'unification et de simplification, on exige les mêmes qualités des aciers destinés au bâtiment et à l'automobile.

Un exemple fera mieux comprendre l'utilité de la normalisation des qualités. L'hôpital d'une ville du centre de la France employait, il y a peu d'années, et emploie peut-être encore actuellement, pour l'achat de ses draps de lit, un cahier des charges tellement ancien que les toiles du commerce ne pouvaient convenir. Un seul fabricant étant susceptible de les fournir, il conservait dans son établissement un vieux métier et le remettait en marche à chaque renouvellement de commandes. L'intérêt général, et celui des contribuables en particulier, exige que l'on remédie à de tels faits, qui constituent un véritable gaspillage. Il est donc souhaitable que l'on établisse, en matière de fourniture de draps de lit, un cahier des charges type, s'appliquant obligatoirement à tous les hôpitaux de France.

La normalisation des formes a une importance plus grande encore que la normalisation des qualités. Elle aboutit à la réduction du nombre des modèles des objets normalisés. Son utilité n'est pas discutée en matière d'articles concernant l'industrie mécanique proprement dite : boulons, vis, profilés, rails, etc... Les économies ainsi réalisées sont moins apparentes au public que celles qui le touchent directement. Dans le domaine de l'électricité, on a unifié les prises de courant, les douilles de lampe, etc... Dans celui de l'automobile, on a normalisé de nombreux accessoires et pièces détachées. Quelques exemples sont instructifs : le Bureau de normalisation de l'automobile, créé en 1927, a remené le nombre des modèles de bouchons pour radiateurs et réservoirs de 88 à 5 ; celui des modèles de joints de brides raccord ovale, de 180 à 9 ; celui des modèles d'accumula-

teurs, de 120 à 7 ; il a déterminé la hauteur à laquelle devait être fixé le pare-choc sur tous les véhicules. On peut aussi diminuer le nombre des modèles d'enveloppes de pneumatiques ; l'Allemagne a procédé de la sorte, et 15 modèles lui ont paru suffisants pour satisfaire à tous les besoins.

Le nombre des objets que l'on peut normaliser est considérable : demi-produits métallurgiques, pièces détachées de toutes sortes (machines-outils, automobiles, machines agricoles), outillage, construction navale, bâtiment (briques, tuiles, portes, fenêtres, tuyauterie, appareils sanitaires, etc...), chemins de fer et tramways et, dans des domaines moins vastes : matériel radio-électrique, format du papier et des enveloppes, boîtes de conserves, etc...

La normalisation des formes permet non seulement de développer et d'améliorer le travail en séries avec toutes ses heureuses conséquences, mais encore de diminuer les stocks, tant chez les intermédiaires que chez les fabricants.

Les producteurs, les commerçants et les ouvriers ne sont pas les seuls à bénéficier du gain ainsi réalisé. Dans l'abaissement des prix qui s'ensuit inévitablement, les consommateurs trouvent aussi leur avantage. La consommation et, par voie de conséquence, la production augmentent, puisque les acheteurs payent moins cher et gagnent davantage. De plus, l'industrie nationale acquiert la possibilité de concurrencer victorieusement les produits étrangers, tant sur le marché intérieur que sur le marché extérieur.

En résumé, les résultats de la normalisation sont les suivants :

Pour l'industrie : diminution des prix de revient, diminution des capitaux immobilisés, meilleur rendement de la main-d'œuvre, plus grande capacité de production, accroissement du chiffre d'affaires ;

Pour le commerce : diminution des frais généraux, diminution des capitaux immobilisés, moindre dépréciation des stocks, diminution des invendus, livraisons plus rapides et plus sûres, accroissement du chiffre d'affaires ;

Pour le public : diminution des prix d'achat ; facilité de trouver rapidement et partout les objets normalisés, notamment les pièces de rechange ;

Pour l'État : amélioration de la balance commerciale, augmentation des recettes provenant des impôts.

« On ne se rend pas assez compte, a dit M. Rateau dans une brochure remarquable, de l'énorme accroissement de production qui pourrait résulter de l'extension systématique de ces méthodes. Il n'est pas rare que la fabrication en séries, convenablement établie, avec des dispositifs de montage sur des machines bien étudiées et des procédés de manutention mécanique rapides, permette de décupler le rendement de l'ouvrier par rapport à ce qui se faisait communément dans nos ateliers. Nous pensons pouvoir affirmer que l'application générale de la fabrication en séries, pour les cas où c'est possible, doublerait au moins, même triple-rait la production d'ensemble ».

Malgré tous les avantages qui viennent d'être énumérés, il y a encore des adversaires de la normalisation. Leurs arguments principaux sont au nombre de trois.

Voici le premier : « Il serait dangereux pour l'existence même de certaines industries françaises de se plier sous le joug de la normalisation. C'est le cas de l'industrie textile. La grande force de cette industrie réside précisément dans la variété et la diversité des produits, qui doivent s'adapter aux fluctuations inévitables et nécessaires de la mode et s'y adaptent grâce à la souplesse de l'esprit inventif et au goût inné des fabricants français. Si, abandonnant ce genre de fabrication qui répond à notre génie national, nous nous obligeons à ne plus fabriquer que certains types classiques en grandes séries, nous perdrons le plus sûr gage de notre vitalité ».

Il n'est pas douteux que le rédacteur de ces lignes ait en partie raison. Il y a des produits fabriqués qui ne doivent pas être normalisés. Ainsi que nous le verrons dans le paragraphe suivant, la normalisation ne peut être que le fait des syndicats de producteurs. C'est à eux qu'il appartiendra de décider ce qui doit être normalisé. L'exemple des draps de lit, cité plus haut, montre néanmoins qu'il y a certainement quelque chose à faire dans ce domaine. D'ailleurs, les industriels du textile sont presque tous partisans de la normalisation de leur matériel.

Voici la seconde objection : « Le jour où chacun de nous, soumis au dogme de la normalisation, porterait la même étoffe, la même forme de chaussures, logerait dans la même maison, se servirait des mêmes ustensiles, monterait sur la même bicyclette, voyagerait dans la même automobile, le monde serait bien près de succomber à toutes les tentatives de l'Ennui, qui, comme l'a dit le poète, naquit un jour de l'uniformité ».

Le rédacteur de ces lignes se déclare d'ailleurs partisan d'une normalisation raisonnable. Sa remarque a donc plutôt le caractère d'une boutade que celui d'une objection sérieuse. Dans un pays aussi individualiste que le nôtre, il ne faut évidemment pas exagérer l'uniformité. Néanmoins, il est vraisemblable qu'un ouvrier préférerait une maison normalisée confortable à un taudis, et que, pour voyager, il aimerait mieux utiliser, comme le font les ouvriers américains, une automobile normalisée qu'une bicyclette qui, même si elle n'était pas normalisée, serait très vraisemblablement identique à celle de beaucoup de ses compatriotes. On ne doit normaliser que quand les avantages sont supérieurs aux inconvénients.

Voici le troisième argument opposé à la normalisation : « Le but de celle-ci étant le développement du travail en séries, il en résultera pour la classe ouvrière un chômage qu'il importe avant tout d'éviter ».

Il n'est aucunement démontré que la normalisation crée du chômage dans les industries où elle est appliquée, puisque, si elle produit tous ses effets, elle est accompagnée d'une augmentation de la production. D'ailleurs, nous avons dû faire appel, après la guerre, à une main-d'œuvre étrangère importante. Ce ne seraient donc pas les ouvriers français qui souffriraient d'une réduction de personnel. Ce dernier argument, à la vérité, est le seul qui ait une certaine valeur ; car, dans toute modification de l'économie nationale, l'ouvrier risque d'être astreint à changer d'établissement, peut-être même de ville. C'est pour cela qu'il est juste qu'il bénéficie d'une partie du gain que la normalisation fait réaliser aux industriels.

Les deux autres arguments n'attaquent pas le principe même de la normalisation ; ils critiquent seulement la notion d'une normalisation exagérément généralisée. Certes, le bon sens français s'oppose

à toute solution excessive ; mais il est néanmoins nécessaire que le dernier mot appartienne aux producteurs, qui savent ce qui peut être normalisé sans qu'il en résulte un préjudice pour qui-conque.

Sous ces réserves, on peut répondre hardiment : oui, il faut normaliser.

2^e Comment normalise-t-on ? — La normalisation peut s'opérer de quatre manières :

A. à l'intérieur d'une entreprise ;

B. dans un ensemble d'industries de même nature, par les syndicats de producteurs ;

C. dans le cadre national, par l'intervention d'un organisme central ;

D. dans le cadre international, par l'effet de congrès ou d'organismes internationaux temporaires ou permanents.

A. La normalisation à l'intérieur d'une entreprise est relativement aisée, puisqu'elle est le fait d'un seul. Malgré tout l'intérêt qu'elle présente, on est obligé de constater qu'elle constitue souvent une entrave à la normalisation dans le cadre national. En effet, les industriels qui ont étudié et appliqué des méthodes rationnelles de fabrication hésitent, en général, à procéder à de nouvelles améliorations qui, étant donné les progrès déjà réalisés, ne présentent plus pour eux le même degré d'utilité.

Pour remédier à cet inconvénient, les Etats-Unis ont, dans certains cas, adopté les normes des firmes les plus importantes. Mais cette solution est loin d'être parfaite. Pour produire son entière efficacité, la normalisation dans le cadre national devait précéder la normalisation à l'intérieur des entreprises.

B. La normalisation dans un ensemble d'industries de même nature n'est, en somme, qu'une normalisation partielle, effectuée dans le cadre national. Le seul danger, c'est le chevauchement des domaines appartenant à chaque syndicat. Il faut éviter que plusieurs séries de normalisations différentes ne soient établies pour une même catégorie d'objets. Quant à la liaison entre producteurs et utilisateurs, elle est forcément réalisée, car les premiers n'ont

aucun intérêt à fabriquer des types d'objets dont les seconds ne veulent pas.

La confection d'une norme se fait de la façon suivante. Après une longue série d'études comprenant l'examen des diverses normes étrangères, s'il en existe, l'établissement de la liste des types d'objets actuellement fabriqués, l'envoi et le dépouillement des questionnaires envoyés aux principaux producteurs, consommateurs et souvent même intermédiaires, la réunion de commissions, etc..., le syndicat rédige un avant-projet, qui est soumis à l'enquête publique. La liste des collectivités et des personnalités à consulter présente une grande importance et doit être établie avec beaucoup de soin.

L'enquête publique peut conduire à un ou plusieurs remaniements, également soumis à l'enquête, étudiés en conférences, etc..., de manière à tenir compte des avis exprimés et à concilier les divers points de vue.

Un projet est alors établi. Il est adressé aux mêmes collectivités et personnalités que l'avant-projet. Celles-ci répondent par oui ou par non. Si le pourcentage des adhésions est, par exemple, de 80 %, le projet devient définitif.

Il n'est tenu compte, tant pour les modifications des avant-projets que pour la détermination du pourcentage des adhésions, que des réponses reçues dans un délai fixé.

On conçoit que, si toutes ces formalités sont rigoureusement remplies, le projet définitif présente toutes les garanties désirables.

C. La normalisation dans le cadre national exige la création d'un organisme central, qui peut, soit établir lui-même toutes les normes, soit répartir la besogne entre les différents syndicats de producteurs. L'expérience a montré que cette seconde solution était la meilleure.

En effet, l'industrie est libre, et nul ne songe à restreindre sa liberté ; elle a le droit de fabriquer ce qu'il lui plaît, aussi bien des objets normalisés que des objets qui ne le sont pas. Un organisme peut décréter qu'une norme est la norme française ; cette décision restera lettre morte si les industriels ne veulent pas l'appliquer. Ils s'inclineront volontiers s'ils jugent que c'est leur intérêt ; ils

s'inclineront également si leurs clients n'exigent que des objets normalisés.

Il est relativement facile d'obtenir un accord sur les types, les formes et les dimensions qu'il serait désirable de donner à une série d'objets normalisés ; il est beaucoup plus difficile d'obtenir des producteurs qu'ils modifient leurs fabrications, et des consommateurs qu'ils changent leurs habitudes. Les bienfaits de la normalisation ne pourront donc résulter que d'un état d'esprit qu'il est nécessaire de développer.

L'État, qui est un gros consommateur de certains produits, peut exercer une grande influence en interdisant l'emploi, dans ses administrations, d'objets non normalisés ; mais il ne doit pas pousser plus loin son ingérence en matière d'application de la normalisation.

En réalité, il importe peu que les normes soient élaborées par l'organisme central lui-même ou par les syndicats de producteurs, puisque, quelle que soit la solution adoptée, un accord complet doit exister entre eux si l'on veut que la normalisation soit, non pas théorique, mais effective.

Ces considérations montrent que la question de propagande doit figurer au premier plan des préoccupations de l'organisme central. Celui-ci doit arriver à créer un état d'esprit favorable, sans lequel rien ne peut être fait.

Même dans le cas où les syndicats de producteurs sont chargés de la confection des normes, le rôle de l'organisme central n'en reste pas moins considérable. Il lui faut, en effet, établir des directives générales, répartir la besogne entre les différents syndicats, et vérifier si tous les intérêts sont respectés. D'autre part, il doit aider et guider les organes de travail des syndicats. La normalisation dans le cadre national doit être faite d'une façon rationnelle. Il serait d'un rendement déplorable que chacun des syndicats de producteurs appelés à normaliser fût obligé de réunir lui-même la documentation qui lui est nécessaire. Cette documentation doit être rassemblée et classée par l'organisme central, qui en a d'ailleurs lui-même besoin pour l'exécution des différentes tâches qui lui incombent. L'une de celles-ci est la constitution d'un office de renseignements, qui est

d'autant plus indispensable que les organes de travail des syndicats ne seront pas tous permanents.

En résumé, dans l'hypothèse où les syndicats seraient les agents techniques chargés de l'élaboration des normes, l'organisme central aurait un rôle de direction, de répartition, de vérification et d'information.

D. Nous n'aborderons pas ici le problème de la normalisation dans le cadre international.

Son étude et sa réalisation rentrent dans les attributions de l'organisme central dont il a été question au paragraphe précédent.

3° Normalisera-t-on ? — Avant d'exposer l'organisation future de la normalisation française dans le cadre national, il est nécessaire de résumer ce qui a été fait jusqu'ici.

Un organisme central a été créé le 10 juin 1918, par M. Clémentel, ministre de l'Économie nationale. Les termes du décret constitutif de cet organisme sont les suivants :

« Il est institué auprès du ministre du Commerce une commission technique permanente qui a pour mission d'étudier toutes les mesures susceptibles d'assurer l'unification des types dans la construction mécanique et métallique, de grouper toutes les études déjà entreprises dans cette voie et de proposer toutes les décisions propres à assurer ce résultat.

« Cette commission prend le nom de Commission permanente de standardisation.

« Les deux commissions techniques instituées par les décrets des 2 janvier et 23 avril 1918 pour l'unification des cahiers des charges des produits métalliques et des matériaux de construction seront jointes à la présente commission pour constituer un organisme d'ensemble ayant pour but l'unification des conditions de fabrication et des conditions de réception des matières premières et des produits manufacturés nécessaires à la construction.

« Les propositions sanctionnées par le vote de la commission sont communiquées aux ministres compétents pour qu'il soit statué par décret sur leur application dans l'exécution des travaux qui relèvent directement de chaque département ministériel. »

Cet organisme central est donc un organisme officiel dont la compétence est limitée aux produits normalisables les plus importants. Il ne lui appartiendrait pas, par exemple, d'adopter un cahier des charges pour draps de lit d'hôpital.

Présidée par M. Clémentel, avec MM. le Châtelier et Guillet comme vice-présidents, la Commission permanente de standardisation comprenait vingt-quatre membres. Elle faisait de plus appel, pour l'aider dans ses travaux, au concours de toutes les personnalités qu'elle jugeait qualifiées. Elle avait créé dans son sein vingt et une sous-commissions, spécialisées dans une partie industrielle et subdivisées en sections et sous-sections.

Elle a rendu les plus grands services à l'industrie française en établissant 85 fascicules de standardisation, dont 54 ont été définitivement approuvés et dont 31 ont encore besoin de retouches.

Constituant à elle seule l'organisme central chargé de la normalisation dans le cadre national, étudiant et rédigeant elle-même tous les projets, sa tâche était écrasante. Les collaborations bénévoles devenant de plus en plus rares, elle proposa la création d'un « Office national de standardisation ».

La situation financière de la France ne permettait pas de lui donner satisfaction. Constatant l'inanité de ses efforts, la Commission permanente de standardisation cessa de se réunir ; elle tint une dernière séance le 18 juin 1924.

Le décret du 10 juin 1918 est toujours en vigueur mais le mandat des membres de la Commission est expiré depuis le 30 septembre 1926.

Un tel état de choses était très préjudiciable à notre industrie nationale. Les intéressés s'émurent ; des bureaux de normalisation furent créés dans plusieurs syndicats de producteurs, en même temps que fut constituée une Association française de normalisation.

Des initiatives diverses se développèrent ; mais nul ne connaît la situation actuelle avec précision. On est au courant des travaux des bureaux de normalisation de l'Union des syndicats de l'électricité, du Syndicat des fabricants d'accessoires d'automobiles et de la Fédération de la mécanique ; mais, dans d'autres branches de l'industrie, des personnalités se sont groupées, ont fait des études, ont établi des normes et même ont modifié des fascicules définitivement adoptés par la Commission permanente de standardisation. Il est de toute nécessité de mettre de l'ordre dans la maison.

Le ministre du Commerce a demandé à l'Association française

de normalisation, qui est présidée par M. Rateau, de l'aider dans cette tâche. Tout d'abord, il a été admis que la normalisation française se ferait dans le cadre du décret du 10 juin 1918. En conséquence, la Commission permanente de standardisation a été réorganisée par un arrêté du 31 octobre 1928. Elle comprend toujours vingt-quatre membres ; M. Clémentel en reste le président ; MM. le Châtelier et Guillet, les vice-présidents.

Les bureaux de normalisation des syndicats de producteurs existant ou à créer seront les agents techniques chargés de l'élaboration des normes.

La Commission permanente de standardisation aura un rôle de direction, d'arbitrage et d'homologation. Elle fixera les directives d'ordre général et scientifique sur lesquelles doivent être établies les normalisations. Elle tranchera tous les cas litigieux, délicats, ou hors de la compétence des bureaux de normalisation qui lui seront soumis par l'Association française de normalisation. Enfin elle conférera aux normes proposées la sanction officielle. Exceptionnellement, elle pourra établir des fascicules de normalisation, notamment pour toutes les questions d'intérêt général, ou celles touchant de plus près aux industries spéciales intéressant directement l'État.

L'Association française de normalisation centralisera tout ce qui concerne la normalisation en France. Elle aura un rôle de propagande, de diffusion et d'information. Elle groupera les organismes français s'occupant de normalisation et leur servira, en principe, d'intermédiaire vis-à-vis des organismes similaires étrangers, de la Commission permanente de standardisation et des pouvoirs publics. Elle n'élaborera pas elle-même les normes, mais se bornera à en recommander ou à en provoquer la création. Elle vérifiera celles qu'auront établies les bureaux de normalisation et les soumettra, pour homologation, à la Commission permanente de standardisation. Elle devra : aider et guider les bureaux de normalisation, notamment en mettant à leur disposition une documentation complète, qu'il lui appartiendra de réunir ; s'efforcer de diffuser et de faire appliquer les normes adoptées ; constituer une bibliothèque où le public pourra consulter sa documentation, et un bureau de vente de tous les fascicules de normalisation.



Dans l'esprit de ses fondateurs et du ministre du Commerce, l'Association française de normalisation doit grouper toutes les collectivités et toutes les personnalités s'intéressant au développement de la puissance économique du pays et à l'amélioration des conditions de la vie en France.

L'Association française de normalisation ne pourra jouer le rôle qui lui incombe que si elle dispose de puissants moyens financiers. D'après certaines évaluations, les organismes similaires existant à l'étranger disposent, en Angleterre, de 6 millions de francs ; en Allemagne, de 13 millions, et aux Etats-Unis d'une somme bien supérieure qu'il est impossible de chiffrer.

Le ministre du Commerce a adressé, le 17 octobre dernier, une lettre circulaire aux présidents des régions économiques, des chambres de commerce, des grandes associations et des principaux syndicats, leur signalant l'intérêt qu'il attache à ce que leurs groupements adhèrent à l'Association française de normalisation.

Les milieux industriels et commerciaux sont maintenant acquis à l'idée de normalisation, à condition, toutefois, qu'il soit tenu compte du tempérament, du goût et du génie français. Ils déploieraient l'absence de toute organisation en France ; ils ont appris avec plaisir que les pouvoirs publics s'intéressaient à la question, et ils sont disposés à faire les sacrifices nécessaires.

Ce ne sont pas seulement les collectivités qui doivent faire partie de l'Association française de normalisation, mais encore les industriels et les commerçants eux-mêmes. C'est leur intérêt à un double titre : d'abord parce que le développement de la normalisation leur sera personnellement profitable ; ensuite parce qu'ils seront ainsi renseignés directement par toutes les publications de cette association et qu'ils pourront faire entendre utilement toutes leurs suggestions.

Les services de l'Association française de normalisation ont été constitués tout dernièrement. Ils fonctionnent depuis le 1^{er} septembre dernier dans des locaux qui lui ont été obligeamment prêtés par la chambre de commerce de Paris.

Il semble donc que toutes les difficultés soient résolues et que l'on puisse répondre à la dernière question : Oui, on normalisera, et même dans un très bref délai.

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Sur un nouveau mode d'entretien d'oscillations dans les lampes triodes (E. PIERRET, *C.R. de l'acad. des sciences*, 7 mai 1928). — Des recherches en vue d'étudier la propagation des ondes très courtes nous ont amené à observer un mode de fonctionnement des lampes triodes qui fournit des oscillations stables encore plus courtes que celles de Barkhausen. Ces dernières n'ont pu être obtenues jusqu'ici sur des longueurs d'onde inférieures à 30^{cm} environ, et ce n'est que très accidentellement et sans pouvoir ni fixer les conditions de fonctionnement ni même reproduire à volonté l'expérience qu'ont été mesurées des ondes de longueur plus petite [M^{lle} Grechowa (¹), Pierret (²)].

Par le procédé que nous décrivons dans cette note, nous obtenons des ondes de longueur comprise entre 14 et 18^{cm}, très stables, et avec une intensité au moins égale à celle des ondes de Barkhausen de 45 à 50^{cm}. Le montage est le même que celui que nous avons déjà employé pour produire ces dernières (2 loc. cit.). Deux lampes Métal T.M.C., dont le diamètre de plaque a été un peu réduit et qui ont été vidées sur pompe Langmuir sans emploi de phosphore, ont leurs plaques réunies par un fil et leurs grilles par une ligne sur laquelle on peut déplacer un pont constitué par une plaque de cuivre à travers laquelle passent les fils. Les grilles sont portées à un potentiel supérieur de 280 volts à celui du filament en réunissant le pont à une batterie d'accumulateurs, et les plaques à un potentiel inférieur de 40 volts à celui du filament. Une ligne, à l'origine de laquelle se trouve une soudure fer-constantan, est couplée à l'oscillateur ; elle permet, par l'observation des ondes stationnaires qui y sont produites, de mesurer la longueur de celles-ci.

1. *Zeits. f. Phys.*, 35 (1925), p. 50, et 38 (1926), p. 621.

2. *Comptes-rendus de l'acad. des sciences*, 184 (1927), p. 1428.

Lorsqu'on déplace le pont sur les fils réunissant les grilles, on trouve une série de positions, équidistantes de 8^{cm} , pour lesquelles l'oscillateur fonctionne au maximum et induit, dans la ligne couplée, des ondes dont l'internœud est aussi égal à 8^{cm} . Ces oscillations sont produites dans des conditions très différentes de celles de Barkhausen pour les raisons suivantes :

La longueur d'onde est indépendante de la longueur des fils qui réunissent les plaques ou les grilles ; on n'obtient d'oscillations que dans le fil de grille et non dans le fil de plaque ; il est même possible de réunir les plaques par un fil bobiné sans que les oscillations cessent. L'intensité moyenne du courant de retour au filament par le circuit de plaque est nulle : les électrons émis par le filament n'atteignent donc jamais la plaque. Les oscillations ne s'amorcent que si le potentiel de la plaque est suffisamment inférieur à celui du filament. Si l'on applique la formule de Scheibe, qui permet de calculer approximativement la longueur des ondes de Barkhausen en fonction des tensions des électrodes et de leurs dimensions, on trouve 38^{cm} , alors que la longueur d'onde mesurée n'est que de 16^{cm} .

En réglant non seulement la longueur du fil de grille, mais encore celle du fil de plaque, et en portant la plaque à un potentiel voisin de celui du filament, le même dispositif permet d'obtenir des ondes de Barkhausen ayant environ 45^{cm} de longueur. Ces ondes s'établissent à la fois dans les deux fils et nécessitent un accord précis de leur longueur. La longueur d'onde observée dépend d'ailleurs, dans un certain domaine, des longueurs choisies. Le courant de plaque existe toujours dans le sens normal, ce qui prouve que les oscillations de Barkhausen ne se produisent que si les électrons émis par le filament atteignent la plaque.

Si l'on essaye de diminuer le potentiel de plaque pour passer progressivement des ondes de Barkhausen aux ondes plus courtes que nous avons obtenues, on trouve qu'il est impossible de le faire, du moins avec les lampes que nous avons utilisées. Quand le potentiel de plaque devient inférieur à celui pour lequel on obtient des ondes de Barkhausen de 40^{cm} environ, toute oscillation cesse ; si l'on continue à baisser le potentiel de plaque, apparaissent alors, dans le

fil de grille, les ondes très courtes de 16^{cm} de longueur et les différences de fonctionnement que nous venons de signaler.

Il est possible que les ondes courtes (30 à 50^{cm}) obtenues irrégulièrement avec le dispositif de Scheibe (1), simultanément avec une onde plus longue et considérées comme des harmoniques d'ondes de Barkhausen, soient de même nature que celles que nous obtenons de façon stable.

Le nouveau fonctionnement de l'oscillateur que nous venons de décrire paraît correspondre à une oscillation des électrons à fréquence très élevée et de petite amplitude de part et d'autre de la grille. Ces oscillations sont entretenues par la réaction qu'exerce la grille d'une lampe sur celle de l'autre par l'intermédiaire du fil qui les réunit, ce fil devant avoir une longueur correspondant à une différence de marche telle que la différence de phase entre les oscillations des deux grilles soit bien celle qui tende à empêcher l'équilibre électrique de se rétablir ; il se produit alors des variations périodiques du potentiel de grille. Le parcours des électrons étant limité au voisinage immédiat de la grille, ces variations sont sans influence notable sur le potentiel de la plaque.

Nous signalerons, en terminant, qu'après que les oscillations sont amorcées, il est possible d'isoler les plaques en supprimant le fil qui les relie à la batterie d'accumulateurs et au filament sans que l'oscillateur décroche et sans que la longueur d'onde change.

Le mode d'oscillation des lampes triodes que nous venons d'exposer est celui qui, jusqu'ici, a donné, avec une régularité, une stabilité et une intensité au moins égale à celle des oscillations de Barkhausen, les ondes entretenues les plus courtes.

Sur la réalisation et le fonctionnement d'un nouvel oscillateur à ondes très courtes (E. PIERRET, *C. R. de l'acad. des sciences*, 11 juin 1928). — Dans une note précédente, nous avons décrit un oscillateur à deux lampes permettant d'obtenir des ondes entretenues extrêmement courtes (14 à 18^{cm}). Le bon fonctionnement

1. *Ann. der Phys.*, 73 (1924), p. 54, et *Jahrbuch der drahtlos. Teleg.*, 27 (1926), p. 1.

de cet oscillateur exige des lampes absolument identiques, condition difficile à réaliser. Nous avons donc cherché à construire un oscillateur plus simple, n'utilisant qu'une lampe et donnant des ondes de même longueur que l'appareil à deux lampes. Cet oscillateur est uniquement constitué par une tige de cuivre, dont on peut faire varier la longueur, qui est réunie à la grille d'une lampe triode à cornes. L'autre extrémité de cette tige est soit isolée, soit soudée au centre d'un disque en cuivre de diamètre égal à la demi-longueur d'onde que l'on obtient. Une batterie d'accumulateurs de force électromotrice 300 volts est intercalée entre la grille et le filament, le pôle positif étant à la grille. Le fil de jonction de la grille à la batterie d'accumulateurs doit être attaché dans le premier cas à un quart de longueur d'onde de l'extrémité isolée de la tige, dans le second cas au disque de cuivre. La plaque est portée à un potentiel inférieur de 40 volts à celui du filament. Dans ces conditions, on obtient, avec le modèle de lampe Métal T.M.C., un système d'ondes stationnaires, de longueur d'onde $16^{\text{cm}},5$, le long de la tige reliée à la grille.

On peut se représenter le fonctionnement de cet oscillateur de la manière suivante :

Au milieu de l'intervalle entre deux fils de grille, il y a un point de force nulle ; si un électron est déplacé normalement à la grille d'une petite longueur x à partir de ce point, une force due à l'attraction de ces deux fils, qui est la plus grande partie de l'attraction totale, tend à le ramener à ce point de force nulle (1).

En supposant les fils de grille rectifiés et à une distance $2a$ l'un de l'autre, cette force est égale à $\frac{4 qex}{a^2 + x^2}$, q désignant la charge par unité de longueur du fil de grille et e la charge d'un électron. Comme, pour les fréquences très élevées que nous trouvons, x est beaucoup plus petit que a , on peut négliger x^2 devant a^2 , et la force communiquée à un électron libre de charge e et de masse m un mouvement pendulaire dont la pulsation est :

$$\omega = \frac{2}{a} \sqrt{q \frac{e}{m}}.$$

1. L. E. MC CARTY, *Physical Review*, 30, VI (1927), p. 878.

Cette oscillation produit des variations du potentiel de la grille, dont la pulsation est double de celle-là, comme dans l'entretien de Melde ou dans l'entretien d'un pendule sur lequel agit une force périodique verticale. On obtiendra donc, dans le fil relié à la grille et réglé de façon qu'il soit en résonance, des oscillations électriques de pulsation.

$$\omega' = \frac{4}{a} \sqrt{q \frac{l}{m}}.$$

La valeur de la charge q par unité de longueur du fil de grille, pour une lampe à électrodes cylindriques de rayons R_l , R_g , R_p et aux potentiels 0, V_g , V_p , est :

$$q = \frac{a}{2 \pi R_g} \left(\text{Log} \frac{V_g}{\frac{R_g}{R_l}} + \frac{V_g - V_p}{\text{Log} \frac{R_p}{R_g}} \right).$$

En calculant la valeur de ω' pour la lampe qui nous a servi, on trouve qu'elle correspond à une longueur d'onde de $11^{\text{cm}},7$; l'expérience donne $16^{\text{cm}},5$. On ne peut s'attendre qu'à trouver l'ordre de grandeur de la longueur d'onde, car on a calculé la force en ne tenant compte que de deux fils voisins et en les supposant rectifiés. La longueur d'onde dépend non seulement des dimensions et des tensions des électrodes, comme celle des oscillations de Barkhausen, mais aussi de l'intervalle entre les fils de grille.

L'oscillateur que nous venons de décrire donne une fréquence double de la fréquence des oscillations électroniques; c'est la raison pour laquelle les longueurs d'onde obtenues sont aussi courtes.

Sur des oscillateurs à ondes très courtes (E. PIERRET, *C. R. de l'acad. des sciences*, 10 décembre 1928). — Nous avons décrit des oscillateurs à ondes entretenues de 12 à 18^{cm} de longueur, utilisant une ou deux lampes Métal T.M. ou T.M.C.; nous avons déjà indiqué que les conditions de fonctionnement de ces oscillateurs n'étaient pas celles des oscillateurs de Barkhausen. En modifiant un peu le dispositif primitif, on peut entretenir soit des ondes très courtes, soit des ondes plus longues de Barkhausen. Nous avons cherché dans quelles conditions s'obtenaient les unes ou les autres.

La grille et la plaque d'une lampe à cornes sont reliées chacune à l'une des extrémités d'une tige en cuivre sur laquelle peut glisser un disque en cuivre qui réfléchit les ondes et permet l'accord ; les extrémités opposées sont réunies aux batteries d'accumulateurs qui chargent les électrodes.

Pour toutes les lampes qui nous ont servi, il existe deux tensions de grille, l'une V_0 , au dessous de laquelle on ne peut obtenir que des ondes de Barkhausen, l'autre, plus élevée, V_1 , au dessus de laquelle on ne peut entretenir que les ondes très courtes, quelle que soit la tension de plaque. Pour les tensions de grille intermédiaires entre V_0 et V_1 , les ondes obtenues sont, suivant le potentiel de la plaque (V_p), soit des ondes de Barkhausen, soit des ondes plus courtes. Ainsi, avec une lampe T.M.C. dont la tension de grille était de 240 volts, les ondes de Barkhausen s'obtenaient pour des tensions de plaque comprises entre environ + 5 volts et — 10 volts ; le courant de plaque existait toujours dans le sens normal ($I = 58^{\text{cm}}$ pour $V_p = 0$ et $I = 42^{\text{cm}}$ pour $V_p = -10$ volts).

Si l'on abaissait la tension de plaque au dessous de — 10 volts, les oscillations de Barkhausen disparaissaient, le courant de plaque devenait nul, puis réapparaissait très faible ($V_p = -30$ à — 60 volts) ; l'oscillateur entretenait alors des ondes courtes ($I = 18^{\text{cm}}$).

Avec des lampes plus grosses (Métal E_4), nous avons pu obtenir, sans changer la tension de plaque, des ondes de Barkhausen ($I = 67^{\text{cm}}, 6$) ou des ondes plus courtes ($I = 34^{\text{cm}}, 6$), en accordant convenablement la tige de grille ; lorsqu'on trouve un tel régime de transition, l'intensité des oscillations est faible. Quand on passe d'un régime d'oscillation à l'autre, il se produit toujours un brusque changement de fréquence d'un octave environ et l'on ne peut obtenir les ondes intermédiaires.

Lors des oscillations de Barkhausen, le courant de plaque est maximum quand les tiges de grille et de plaque, pour des positions convenables des disques sont accordées ; l'intensité des oscillations est alors la plus grande possible ; les tiges reliées à la plaque et à la grille oscillent toutes deux avec des amplitudes à peu près égales. On obtient encore des oscillations, mais beaucoup plus faibles, lorsqu'on accorde seulement la tige reliée à la plaque, la grille étant

directement réunie à la batterie d'accumulateurs et au filament.

Au contraire, dans le cas des ondes très courtes, il est nécessaire que la tige de grille soit accordée et le courant de plaque est maximum quand la tige de plaque n'est pas accordée ; les oscillations sont alors intenses sur la tige de grille et nulles sur la tige de plaque ; lorsqu'on accorde cette dernière, le courant de plaque et l'intensité des oscillations sur la tige de grille diminuent ; on peut obtenir de fortes oscillations en reliant directement la plaque aux accumulateurs et au filament.

Ces faits montrent que, dans le cas des ondes de 12 à 18^{cm}, l'accord de la tige de grille est seul nécessaire à l'entretien des oscillations et que la tige réunie à la plaque fonctionne comme un système couplé empruntant, lorsqu'il est en résonance, de l'énergie à l'oscillateur. Les résultats obtenus sont d'accord avec l'idée, déjà émise par nous, que dans les oscillateurs de Barkhausen les électrons oscillent entre la grille et la plaque, tandis que les ondes plus courtes sont engendrées par une oscillation des électrons de part et d'autre de la grille ; dans le premier cas, la fréquence des oscillations induites dans les tiges est la même que celle des oscillations électroniques ; dans le second cas, elle est double.

Toutes les mesures de longueur d'onde ont été faites avec une ligne couplée à l'oscillateur et une soudure thermo-électrique, mais nous avons pu aussi détecter ces ondes très courtes à l'aide d'une galène et d'une pointe fine intercalées au milieu d'un fil vibrant en demi-onde ; un galvanomètre à cadre était placé en dérivation sur le détecteur.

Une détection beaucoup plus stable a été réalisée par un détecteur à lampe, analogue à l'oscillateur décrit dans une note précédente ; le potentiel de la plaque était de + 80 volts, la grille restant au potentiel du filament ; un téléphone était intercalé sur le circuit de plaque ; on accordait la tige réunie à la grille. Pour obtenir un son au récepteur, la grille de l'émetteur était alimentée à l'aide d'une tension continue (+ 245 volts) à laquelle on ajoutait la tension alternative produite par un oscillateur à fréquence audible.

En déplaçant un écran métallique, soit derrière l'oscillateur, soit derrière le récepteur, on obtenait des variations périodiques

d'intensité du son reçu, dues à la réflexion sur l'écran et à la production d'un système d'ondes stationnaires. L'approche du corps ou même de la main produisait le même effet.

Sur les ondes très courtes (G.-A. Beauvais, *C. R. de l'acad. des sciences*, 26 décembre 1928). — L'émission de ces ondes courtes (16 à 20^{cm}) a été réalisée par le montage indiqué par M. Pierret dans les *Comptes-rendus* du 11 juin 1928, et notamment par celui comportant l'emploi de disques couissant sur des tiges reliées aux électrodes.

La réception de ces ondes a été réalisée au moyen d'un montage identique à celui de l'émetteur, à cela près que la tension de grille y est moindre (une centaine de volts par exemple) et le chauffage du filament moins poussé. Le téléphone, ou mieux un amplificateur basse fréquence, est disposé dans le circuit filament-plaque, celle-ci étant faiblement polarisée par rapport au filament.

En alimentant l'émetteur, soit en courant alternatif à fréquence musicale, soit en continu modulé, il a été très aisé avec le récepteur précédent (de même que M. Pierret l'avait fait autrement) de mettre en évidence, par variations d'intensité de son, un grand nombre d'ondes stationnaires. Il suffit pour cela de déplacer un écran métallique derrière l'émetteur ou le récepteur.

Sil'on place un obstacle entre l'émetteur et le récepteur, les ondes sont arrêtées et le récepteur devient muet. On peut alors faire réapparaître la réception en plaçant quelque part un miroir convenablement orienté, sur lequel les ondes vont se réfléchir, en suivant les lois de l'optique, pour aller frapper le récepteur.

En plaçant l'émetteur au foyer d'un miroir parabolique de 20^{cm} de distance focale et de 120^{cm} d'ouverture, on forme un faisceau d'ondes dirigées ayant une vingtaine de degrés d'ouverture ; on peut le constater aisément en dirigeant ce faisceau sur le poste de réception placé au loin et en tournant le miroir jusqu'à ce que la réception disparaisse, ce qui a lieu pour une rotation d'une dizaine de degrés. Lorsque le faisceau n'est plus dirigé sur le poste récepteur et que la réception a disparu, il est possible de la faire réapparaître en plaçant dans le faisceau dévié un miroir métallique plan qui renvoie, suivant les lois de l'optique, le faisceau sur le poste récepteur.

La réception précédemment décrite a pu être rendue beaucoup plus sensible en la transformant en réception à super-réaction en alimentant la grille de la lampe T.M.C. sous une tension continue de 250 volts, à laquelle on ajoute la tension alternative produite par un oscillateur haute fréquence, le reste du montage de réception étant inchangé, à l'exception du chauffage du filament qui doit être un peu plus poussé et de la polarisation de la plaque qui doit être amenée à une tension négative convenable. L'augmentation de sensibilité est constatée par le fait qu'on peut augmenter considérablement la distance qu'on peut mettre entre l'émetteur et le récepteur pour reproduire les expériences précédentes.

Il est possible également de faire de la radiotéléphonie avec ces ondes ultra-courtes. Le montage du poste d'émission est le suivant : l'alimentation de la grille de la lampe T.M.C. se fait à travers une self à fer de quelques henrys ; une lampe à trois électrodes a sa plaque réunie à la grille de la lampe d'émission des ondes ultra-courtes, tandis que l'espace filament-grille de la triode modulatrice est connecté à la façon habituelle au secondaire d'un transformateur dont le primaire est parcouru par le courant microphonique.

INFORMATIONS.

Nouveaux timbres-poste français. — Le mois dernier, l'atelier de fabrication des timbres-poste a mis en fabrication les timbres suivants :

50^c bleu, du type *Jeanne d'Arc* ;

20^f rouge sanguine, en taille douce, du type *Pont du Gard* ;

1^f,50 + 3^f,50 bleu, en taille douce, du type *Sourire de Reims* (Caisse d'amortissement).

Le règlement des créances internationales par voie de virement postal. — Depuis le 1^{er} janvier dernier, les titulaires de comptes courants postaux peuvent échanger des virements avec leurs correspondants titulaires de comptes-courants tenus par les offices postaux de Hongrie, de Tchéco-Slovaquie, d'Autriche et de la ville libre de Dantzig.

Pour ordonner un virement postal à destination de l'étranger, il suffit, aux titulaires de comptes en France et en Algérie, d'adresser, au bureau de chèques dont ils dépendent, un chèque de virement ordinaire, préalablement revêtu, de manière très apparente, de la mention : « International ».

Le montant du virement peut, au gré de l'expéditeur, être exprimé en francs français ou en monnaie du pays de destination. Dans le premier cas, le bureau de chèques débiteur détermine la somme en monnaie étrangère à inscrire au compte du bénéficiaire ; dans le second cas, il fixe la somme en francs français à débiter du compte-courant du tireur.

Le montant des virements n'est soumis à aucune limitation. La taxe applicable est fixée à 50 centimes par 500 francs français ou fraction de 500 francs en excédent, avec minimum de perception d'un franc. Elle est prélevée sur le compte-courant du tireur.

Télégrammes autographes. — En France, le service des télégrammes autographes vient d'être l'objet d'un perfectionnement important.

Les télégrammes autographes permettent, comme on le sait, de recevoir la reproduction photographique des caractères ou dessins tracés à la plume sur la formule d'envoi. Le service téléautographique fonctionne actuellement entre Paris, Lyon, Strasbourg, Marseille, Nice et Bordeaux. Les télégrammes autographes à destination de l'une quelconque de ces villes peuvent être déposés dans tous les bureaux télégraphiques de ces mêmes villes.

Jusqu'à ce jour, un télégramme autographe ne pouvait être expédié qu'après une préparation spéciale : il devait être écrit avec une encre sirupeuse, puis recouvert d'une poudre de gomme laque adhérent sur le tracé ; il fallait alors passer la feuille de papier pendant quelques secondes sur une surface chauffante, pour que, par la fusion de la gomme laque, le texte apparût, sous la forme d'un émail solide. L'utilisation de ce relief était, en effet, à la base du système de transmission employé jusqu'ici.

Désormais, les télégrammes autographes pourront être écrits dans les mêmes conditions que les télégrammes ordinaires (à l'encre noire, de préférence) et même à la machine à écrire.

La mesure, déjà appliquée à Paris, à Lyon et à Marseille, sera prochainement étendue à Strasbourg, Bordeaux et Nice.

Ce perfectionnement est dû à la mise au point par M. Belin, l'inventeur des appareils téléautographiques utilisés en France, d'un nouveau dispositif de transmission qui, par l'emploi de la cellule photo-électrique, supprime complètement l'utilisation du relief.

Liaisons radiotélégraphiques. — La communication radiotélégraphique entre la France et le Togo et celle entre la France et Tahiti, qui ne fonctionnaient qu'au départ de France, peuvent être maintenant utilisées dans les deux sens pour l'acheminement des télégrammes et des radio-lettres.

BIBLIOGRAPHIE.

Éléments de thermodynamique, par CH. FABRY. Paris, Armand Colin, 1928. 1 vol. in-16 de 216 pages, avec 39 figures.

Le talent d'exposition bien connu de M. Fabry n'a jamais été plus brillant que dans ce petit livre. Le style est d'une clarté et d'une aisance extraordinaires ; le chemin où l'on nous mène paraît tout uni ; seuls, de ci de là, un mot, une restriction, une remarque, signalent la confusion à éviter, l'erreur à ne pas commettre, le chemin divergent où l'auteur refuse de s'engager, et nous feraient soupçonner la difficulté du sujet, si tant de gros ouvrages rébarbatifs ne nous en avaient déjà convaincus. Des exercices, une bibliographie, un index, complètent cet ouvrage si parfaitement au point, véritable modèle du genre didactique.

P. L. C.

Statistique mathématique, par G. DARMOIS. Paris, G. Doin, 1928. 1 vol. in-16 de 363 pages, avec 29 figures (collection « Encyclopédie scientifique »).

Ce volume est un des plus réussis d'une collection en général fort intéressante. Il constitue un exposé très clair, bien qu'approfondi, des méthodes mathématiques que l'on a peu à peu constituées pour analyser les résultats d'observations statistiques. Cette branche des mathématiques est parmi celles dont l'utilité immédiate est la plus évidente ; les sociétés d'assurance, en avance en cela sur la plupart des sociétés industrielles, admettent que des intégrales définies, maniées par des mathématiciens qui prennent le nom d'actuaire, peuvent être une source de bénéfices. Dans les études publiées par certaines revues techniques s'occupant des téléphones, nous voyons la statistique mathématique s'introduire de trois manières différentes : 1° études économiques destinées à prévoir le trafic télépho-

nique à longue échéance, en fonction des données statistiques économiques de tout ordre, et les moyens d'y satisfaire ; ici intervient particulièrement la théorie de la corrélation entre séries statistiques ; 2° essais de produits fabriqués en très grande série ; en effet, la vérification d'une pièce fabriquée par centaines de mille ne peut se faire que par des prises effectuées au hasard, et il importe de tirer le maximum de renseignements d'un minimum d'essais ; 3° calcul des organes d'un autocommutateur, pour obtenir aux moindres frais une qualité de service déterminée. Il est impossible au spécialiste qui publie le résultat d'une étude sur l'un de ces points de reprendre du début l'exposé des méthodes dont il se sert ; le livre de M. Darmois sera d'un précieux secours pour la compréhension de ces articles ; il est en effet parfaitement au courant des travaux français et étrangers, et contient un index bibliographique annoté, allant de Jacques Bernoulli, « l'ancêtre, le grand homme », aux travaux les plus récents. L'importance vraiment capitale de la notion de fonction caractéristique, introduite par M. Paul Lévy ; une remarquable critique de la notion de corrélation, sont parmi les points qui dans ce livre nous ont le plus frappé, avec la distinction, faite par M. Huber dans une magistrale préface, « entre les problèmes statistiques qui ne dépendent pas de la notion de probabilité et ceux qui ne pourraient être abordés sans elle » ; en effet, « tous les problèmes relatifs à la mise en ordre matériel des résultats numériques fournis par l'observation statistique peuvent être traités en partant de la notion de fréquence, sans qu'on se heurte à aucune des difficultés théoriques, peut-être insurmontables, que l'on rencontre quand on veut rendre entièrement objective la définition de la probabilité ».

Le livre de M. Darmois constitue un outil de travail que beaucoup auront intérêt à se procurer.

P. L. C.

Le gérant :

HENRI DÉVÉ.

DOCUMENTATION.

Les analyses suivantes se rapportent à des articles parus dans les périodiques français et étrangers reçus par le Service d'études et de recherches techniques de l'administration des Postes et Télégraphes : elles sont rédigées par des fonctionnaires de ce service et signées de leurs initiales. Elles sont imprimées avec une pagination spéciale et sur un seul côté des feuillets de façon que l'on puisse, soit les relier à part, soit les découper pour en constituer un répertoire par fiches. Dans ce dernier cas, le classement en sera facilité par les nombres inscrits en tête des analyses, qui correspondent au classement décimal dont nous avons publié la table dans le numéro de janvier.

34. Description du dispositif télétypé (P. Joly, *Bulletin de la Société française des électriciens*, septembre 1928). — Dispositif permettant aux abonnés de correspondre entre eux ou avec un bureau central, soit par téléphone, soit par télégraphe au moyen du télétype. P.M.

34. Le télétype (M. Bennin, *Bulletin de la Société française des électriciens*, septembre 1928). — Description sommaire de l'appareil télétype construit par les ateliers d'arpentier. P.M.

34. Le télétype, système Morkum-Kleinsehmidt (Feuerhahn, *T.F.T.*, septembre 1928). — Description complète de l'appareil émetteur et de l'appareil récepteur : fonctionnement, exploitation, etc... P.M.

35. Une machine qui plie 3.400 télégrammes à l'heure (H. le Celte, *La Science et la Vie*, septembre 1928). — Reproduit dans *Annales P.T.T.*, décembre 1928.

42. Chaîne de circuits résonants (E. Mallett, *Journ. Inst. Electr. Engineers*, septembre 1928). — Une chaîne de circuits résonants couplés entre eux par inductance mutuelle est ramenée, dans la section 1, au type plus usuel du filtre ou chaîne d'éléments en T. Dans la section 2, on calcule les courants dans les divers éléments ; cette solution est appliquée à la chaîne de circuits résonants dans la section 3, et au cas d'une chaîne de T dissymétriques dans la section 4. Dans la dernière section, on donne une construction

graphique de la solution. Un exemple numérique est traité en appendice. (AUT.)

43. Un câble téléphonique avec fréquence de coupure élevée et diaphonie très réduite (*Europäischer Fernsprechdienst*, octobre 1928, d'après *Siemens-Zeitschrift* de juillet 1928). — La station d'émission de Lahtis, en Finlande, est reliée à Helsingfors par un circuit aérien en fil de cuivre de 3 mm, qui, au voisinage de la station, est mis en câble sur une longueur de 5 km pour éviter les troubles dus à l'antenne. C'est un câble pupinisé dont la fréquence de coupure est de 14.000 p.p.s. ; il contient trois circuits de 1 mm, chaque circuit étant sous un écran métallique ; la diaphonie a été ainsi réduite à une valeur correspondant à 13 népers. Les bobines sont distantes d'environ 1 km ; leur inductance est de 15 mH. L'impédance caractéristique est environ 600 ohms et l'affaiblissement à 800 p.p.s. est inférieur à 0,225 népers. P.M.

43. Influence de l'armure sur l'effet protecteur assuré par les enveloppes des câbles, contre les perturbations des courants industriels (Hans Schiller, *ENT*, septembre 1928). — L'auteur indique les résultats de divers essais de laboratoire effectués pour juger de la diminution des tensions induites sur les conducteurs d'un câble, lorsque ce câble comporte une armure constituée au moyen de bandes, simples ou doubles, de feuillard de fer ordinaire ou de fer au silicium. Une circonstance favorable à la protection contre les courants de basse fréquence est l'accroissement de la perméabilité de

Téléphone :
CENTRAL 35.56
56.82

COMPAGNIE FRANÇAISE
DES

Adresse
télégraphique :
CABLES-PARIS

CABLES TÉLÉGRAPHIQUES

Société anonyme au Capital de 24.000.000 de francs

Siège Social : 53, rue Vivienne et 15, boulevard Montmartre, PARIS

Registre du Commerce, n° 39.342 — Seine,

La seule Compagnie Française de Câbles desservant New-York

RAPIDITÉ *Via P. Q.* **EXACTITUDE**

**Trois Câbles Transatlantiques directs entre
Brest et New-York ne touchant pas l'Angleterre**

Ces 3 Câbles sont prolongés jusqu'à Paris par trois lignes télégraphiques desservies par des appareils à grand rendement

La Compagnie possède à PARIS, rue Vivienne, 53 (angle du boulevard Montmartre) un Bureau spécial où le public peut déposer pour l'Amérique des câblogrammes qui sont transmis de ce Bureau à New-York, dans des délais extrêmement courts ;

Bureau particulier au Havre P. Q.

Lignes directes vers Bordeaux, Lille, Lyon, Marseille, Nantes, etc...

*Service vers les Etats-Unis, le Canada, les Amériques Centrale et du Sud.
Service indépendant pour Haïti, Cuba, St-Domingue, Porto-Rico, les Antilles
Françaises, Curaçao, Venezuela, Guyanes Française et Hollandaise*

" P. Q. " TÉLÉGRAMMES TÉLÉPHONÉS " P. Q. "

(Réseau de Paris seulement)

Par le Réseau Général : le service des Câblogrammes téléphonés P.Q. permet au public d'obtenir sans se déplacer la même rapidité d'acheminement que si les câblogrammes étaient déposés au Bureau spécial P.Q., 53, rue Vivienne. Il donne de même la facilité d'avoir communication des câblogrammes reçus d'Amérique dès leur arrivée au Bureau de la Compagnie. *(Demander la notice spéciale).*

Lignes privées

Des lignes privées directes pour l'échange des câblogrammes peuvent être établies entre le bureau de la Compagnie et les maisons qui le désirent.

(Pour tous renseignements s'adresser au Service Commercial de la Compagnie).

Par la Via P.Q. peuvent être échangées toutes les catégories de câblogrammes.

Inscrivez sur vos dépêches la mention Via P. Q. (non taxée)

l'armure en fonction de l'intensité du courant traversant le métal, ainsi que le taux élevé des pertes par hysteresis dans ce métal. Pour les hautes fréquences, alors qu'en pratique l'intensité des courants induits est toujours faible, le développement des courants de Foucault est la circonstance favorable.

L.-J. C.

45. **Alimentation automatique de petits bureaux téléphoniques** (K. Schmidt, *E.T.Z.*, 13 septembre 1928). — L'auteur passe en revue les diverses installations qui permettent d'alimenter de petits bureaux téléphoniques en utilisant le courant alternatif des secteurs de distribution (redresseur à vapeur de mercure, redresseur cathodique, groupe moteur-générateur.), et les compare entre elles quant à leur prix de revient, leur coût d'exploitation, leurs avantages et inconvénients respectifs. A son avis, dans la plupart des cas, la préférence serait à donner aux groupes moteurs-générateurs.

L.-J. C.

48. **La mesure des capacités en fonction de la résistance et de la fréquence** (J.-G. Ferguson et B.-W. Bartlett, *The Bell System Technical Journal*, juillet 1928). — Etude systématique de l'application de la méthode de Maxwell à la détermination des capacités au moyen des courants alternatifs de fréquence musicale. Les causes d'erreur y sont nettement mises en évidence, ainsi que le moyen d'y remédier. Grâce à ces précautions, la méthode (qui est utilisée par le Bureau of Standards) permet de garantir une précision de 999 pour 1000 ; en fait, cette précision est, dans la plupart des cas, très supérieure, et l'erreur réelle est souvent inférieure à 1/10000.

P.C.

48 et 58. **Un électromètre à feuille d'or pour les mesures en haute fréquence** (Satyendranath Ray, *Proceedings of the Physical Society*, 15 août 1928). — Description détaillée d'un électromètre permettant de mesurer des différences de potentiel alternatives à toutes les fréquences. Avantages de l'appareil : sensibilité (4 volts à 10 % près), rapidité de lecture (période d'environ 0,5 ; amortissement presque critique), très faible capacité (de l'ordre de 4^{em} ou 42 pF), étalonnage indépendant de la fréquence.

J.-H. G.

53. **Applications nouvelles des lampes à quatre électrodes** (M. Decaux, *Bull. Soc. française des électriciens*, février 1928). — Schémas de quelques montages employant des lampes bigrille (réduction de la tension de plaque, montages réflexes, réaction par

résistance entre les grilles, oscillations de relaxation, montage en relais).

Voy. aussi *Onde électrique*, janvier 1927 (Decaux) et *Phil. Mag.*, novembre 1926 (van der Pol).

J.-H. G.

53. **L'influence des émissions secondaires des métaux sur le fonctionnement des lampes à trois électrodes** (H. le Boiteux, *R.G.E.*, 2 juin 1928). — Etude expérimentale de l'influence des émissions secondaires sur la forme des caractéristiques des lampes à trois électrodes lorsque la tension de grille est élevée. Influence sur le phénomène du chauffage, de la pression, de la tension de grille, de la nature du métal. Influence du phénomène sur le fonctionnement des lampes en oscillatrices. Toutes les courbes tracées sont étalonnées en valeurs absolues et fournissent ainsi des résultats numériques précieux.

J.-H. G.

53. **Réflexion sur quelques tubes à vide modernes** (B. Decaux, *La T.S.F. moderne*, août 1928). — L'auteur attire l'attention sur la différence entre la résistance interne

d'une lampe $\rho = \frac{d\rho_p}{di_p}$ et le rapport : $r = \frac{v_p}{i_p}$

qu'il appelle la *résistance statique* de la lampe. Il signale l'inconvénient qu'il y a à diminuer la résistance statique, les résistances en courant continu des appareils d'utilisation produisant alors une forte chute de tension de plaque.

Au sujet des amplificateurs à résistance, l'article contient une méthode graphique intéressante pour prédéterminer la résistance de plaque connaissant les caractéristiques $i_p = f(v_p)$.

Dans les lampes à écran de grille, la capacité grille-plaque est bien annulée, ou presque, ainsi que le proclament les constructeurs, mais la capacité filament-plaque est augmentée considérablement. Ces lampes sont donc bonnes pour l'amplification à résonance où la capacité filament-plaque s'ajoute à celle du circuit oscillant ; mais elles sont mauvaises pour l'amplification HF à résistance, la résistance de plaque étant shuntée par la capacité filament-plaque.

L'auteur indique ensuite les perfectionnements dus à l'emploi de filaments à oxydes, en particulier pour le chauffage par le réseau alternatif.

Enfin l'auteur passe en revue les différents modèles à 5 électrodes (3 grilles ou 2 grilles, 2 plaques). La plus intéressante de ces lampes pour les mesures téléphoniques nous semble être le modèle *Screen Grid*.



TRADUCTION -

NOTICE. — Sortant sans faire d'excavation, ni endommager la bordure du trottoir.

EXTRACTION d'un poteau standard par une équipe de la Illinois Bell Teleph C^e et un cric Simplex n° 329.

économisant la main-d'œuvre horaire.

"SIMPLEX" CRIC

POUR EXTRACTION ET REDRESSEMENT DES POTEAUX

Aucun entraînement nécessaire pour la manœuvre. Ce cric permet d'arracher du sol en moins de 8 minutes les poteaux enracinés à 1 mètres 50 de profondeur. Réalisera en peu de temps une Économie de Main-d'Œuvre supérieure à son Prix d'Achat.

CRIC "SIMPLEX"

pour LEVAGE des BOBINES à CABLE

LE CRIC « SIMPLEX » EST UTILISÉ PAR LES SERVICES TECHNIQUES DE L'ADMINISTRATION FRANÇAISE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES

SOCIÉTÉ ANONYME

LIDGERWOOD

114, Faubourg Poissonnière. 114

Téléph. : Trud. 52-77

PARIS (X^e)

Adr. tél. : Lidgerwood-Paris

dont la pente $\left(\frac{\Delta i_p}{\Delta v_g} = 10 \text{ mA/V}\right)$ serait très intéressante pour les appareils de mesure à amplification préalable. J.-H. G.

54. Détermination de la condition d'entretien et de la période d'oscillation d'un oscillateur à triode (L. Abèles, *R.G.E.*, 21 avril 1928). — L'auteur résume rapidement l'état de la question relative à la recherche d'une méthode générale pour déterminer les conditions d'entretien et la période d'oscillation d'un triode. Il expose les résultats obtenus par les calculs de MM. Blondel et Lavanchy d'une part, et Gutton d'autre part. La méthode nouvelle indiquée par l'auteur est basée sur l'utilisation des nombres complexes. Elle montre que la résolution des équations du système qui détermine les conditions d'entretien des oscillations peut être ramenée à l'étude d'un quadripôle constitué par les impédances des circuits de grille et de plaque et par les couplages entre ces deux circuits. La méthode est donc élémentaire et les résolutions sont faites au moyen de déterminants. L'auteur en fait l'application à neuf types d'oscillateurs, correspondant à des systèmes de liaison plus ou moins complexes entre les électrodes. Il développe le calcul dans un cas particulier du système le plus complexe. (AUT.)

54. Répartition du courant dans une antenne d'émission (Wilmotte, *Journ. Inst. Electr. Eng.*, juin 1928). — Un résumé par B.C. de cette importante étude a paru dans la *R.G.E.* du 22 septembre 1928.

54. Etude théorique des relations de phase dans une antenne directive (beam) (Wilmotte et Mac Petric); **Considérations générales sur la directivité des antennes directives**; **La nature du champ dans le voisinage d'une antenne** (Wilmotte) (*Journ. Inst. Electr. Engineers*, septembre 1928). — Ces trois notes très importantes, mais de caractère mathématique, ne se prêtent pas à un bref résumé. P. L. C.

54. Construction graphique des diagrammes polaires des champs rayonnés (J. M., *Industrie électrique*, 25 août 1928). — Cet article fait suite au précédent et donne des procédés graphiques pour le tracé de divers diagrammes polaires. (N. B. : Le diagramme polaire d'une antenne verticale simple avec réflecteur identique ne s'appelle pas « diagramme de Kidney » du nom de l'inventeur, mais parce qu'il a la forme d'un rognon : kidney.) P. L. C.

56. Etude théorique et expérimentale de la détection (E.-L. Chaffee et G.-H. Browning, *Proc. Inst. Radio-Eng.*, février 1927). — L'article contient une théorie complète de la détection, suivie d'une étude expérimentale détaillée et très intéressante. Les auteurs en déduisent que le vide dans les lampes détectrices ne doit pas être trop poussé car les bosses créées dans les caractéristiques par l'ionisation des gaz résiduels peuvent aider beaucoup à la détection. L'article met aussi en évidence l'utilité des condensateurs placés aux bornes des appareils B.F. pour laisser passer la partie non-redressée des oscillations H.F. Enfin les auteurs attirent l'attention sur la diminution rapide de l'efficacité lorsqu'on s'éloigne des conditions optima, surtout pour la tension de grille. J.-H. G.

56. Filtrés acoustiques et sélectivité B.F. (R. B. Bourne, *Q.S.T.*, août 1928). — Théorie élémentaire des filtres acoustiques et encouragement à construire un filtre de bandes, $f_1 = 253 \text{ cp}$, $f_2 = 338 \text{ cp}$, dont les dimensions sont données. P. L. C.

58. Mesure des fréquences (F. Bedeau et J. de Mare, *La T.S.F. moderne*, août 1928). — Détails de réalisation et d'emploi d'une installation de mesure des fréquences de l'ordre de celles utilisées en T.S.F. La méthode est celle des harmoniques, mais emploie les harmoniques d'un diapason entretenu par lampe et suivi d'un étage d'amplification dont la lampe est très largement saturée. Pour les très hautes fréquences, on utilise les harmoniques d'un résonateur à quartz, dont la fréquence fondamentale est mesurée au moyen de l'installation à diapason. L'article contient tous les schémas et les valeurs numériques à employer. J.-H. G.

58 et 48. Un électromètre à feuille d'or pour les mesures en haute fréquence (Satyendranath Ray, *Proc. of the Physical Society*, 15 août 1928). — Voy. sous le numéro 48.

58. Mesure absolue des résistances effectives de condensateurs en H.F. (D.-W. Dye, *Proc. Phys. Soc.*, 15 août 1928). — La mesure des pertes diélectriques, en H.F., d'un condensateur à air bien construit est difficile, car on ne peut avoir de condensateur sans aucune perte, et par suite on ne peut faire de mesures relatives.

L'auteur décrit un condensateur variable dont les pertes sont, non pas nulles, mais constantes et indépendantes de la

PILES "AD"

POUR TOUTES APPLICATIONS



BATTERIES "AD"

de chauffage et tension plaque

CHARBONS pour MICROPHONES

BALAIS EN CHARBON

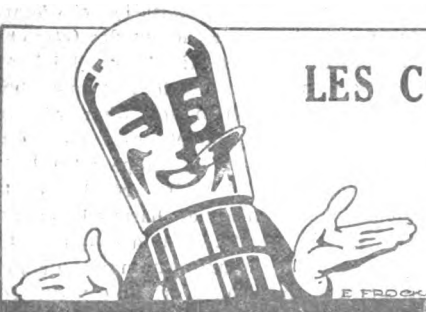
et métallographitiques

POUR TOUTES MACHINES ELECTRIQUES

LE CARBONE

Société Anonyme au Capital de 2.000.000 frs.

37 A 41 RUE DE PARIS — GENNEVILLIERS — (SEINE.)



LES CONSEILS DU D^r MÉTAL

Employez sur les étages
moyenne-fréquence et
haute-fréquence de vos
appareils la lampe

MICRO-MÉTAL DZ 22.22

lampe à faible consommation à filament à oxyde

Notre service technique est à votre disposition pour
vous fournir sur l'utilisation de cette lampe tous les
renseignements dont vous pourriez avoir besoin.

METAL-RADIO

41, Rue La Boétie, PARIS



valeur de la capacité, et il indique une méthode de substitution qui permet de mesurer en valeur absolue, au moyen de ce condensateur, la résistance effective d'un bon condensateur à air. J.-H. G.

59. Remise à l'heure automatique des pendules par T.S.F. (M. Lavet, *Bull. Soc. française des électr.*, février 1928). — Description du système et des appareils réalisés par l'auteur pour la remise à l'heure de pendules, pendant les intermèdes des radio-concerts, au moyen de signaux musicaux rythmés à la fréquence propre d'un pendule relais. J.-H. G.

59. Radio et navigation aérienne (Ross Gunn, *Journ. Frankl. Inst.*, juin 1928). — Exposé général des particularités de la radiotélégraphie appliquée à l'aviation. L'auteur entre dans plus de détails sur la question de guidage hertzien et décrit deux types d'installations de ce genre, dont l'une à indicateur visuel du côté du rayon où l'on se trouve. 8 figures. P. L. C.

59 et 77. Sur le rapport de la fécondité et de la haute fréquence dans les postes d'émission de télégraphie sans fil (Nemours Auguste et Martin, *C.R. de l'acad. des sciences* 10 septembre 1928). — Reproduit dans *Annales P.T.T.*, décembre 1928.

64. Sur un dispositif permettant de maintenir constante la tension d'alimentation d'un récepteur branché sur un réseau à courant alternatif (Soulié, *C.R. de l'acad. des sciences*, 4 juin 1928). — Reproduit dans *Annales P.T.T.*, janvier 1929.

64. Production directe d'électricité au moyen de chaleur (G. Maigorn, *L'Electicien*, 1^{er} septembre 1928). — L'auteur indique, d'après les résultats d'une étude de M. T.-F. Wall parue dans *Electrical Review*, les conditions auxquelles doit satisfaire un générateur thermo-électrique. Les progrès réalisés dans la production des alliages résistant aux températures élevées et dans la protection des métaux contre la corrosion ont permis d'établir des générateurs thermo-électriques; se chauffant au gaz ou au coke, avec des rendements thermiques utiles atteignant 4 %. R. B.

64. Redresseurs à vapeur de mercure de grande puissance (M.N., *Industrie électrique*, 10 septembre 1928). — Description technique détaillée des redresseurs établis par la Société alsacienne. Tension redressée jusqu'à 750 volts; intensité de 500 à 2.000 ampères; rendement de l'ensemble transformateur hexaphe-redresseur, environ 95 %; fac-

teur de déphasage, 0,92 à 0,95. Schémas et photos. P. L. C.

64. Applications de l'allumage de l'arc par étincelles pilote à la transformation des courants électriques (Toulon, *Bulletin de la Société française de physique*, 6 juillet 1928). — Lorsque deux électrodes, distantes de quelques millimètres, placées dans un gaz, par exemple dans l'air à la pression atmosphérique, sont rallées, à travers une résistance, à une distribution de courant de quelques centaines de volts, on peut observer les phénomènes suivants :

Pour que l'arc s'amorce entre les électrodes, c'est-à-dire pour qu'un courant notable soit débité, il est indispensable qu'une tache cathodique soit produite à la surface de l'une des électrodes. Si l'émission électronique stable n'a pas été déclenchée localement sur la cathode, le gaz se comporte comme un isolant, même si l'on porte les électrodes au rouge blanc. La formation de cette tache cathodique peut être obtenue des deux façons : soit par contact instantané entre les électrodes, réalisé par rapprochement; soit mieux, par une surtension de durée même excessivement courte, mais suffisamment élevée pour déclencher une étincelle entre les électrodes. Une fois que l'arc a été amorcé, il est capable de débiter un courant aussi intense qu'on le désire; il suffit de proportionner convenablement les électrodes. Par contre, l'arc cesse instantanément si le courant vient à s'annuler, même pendant un temps excessivement court.

M. Toulon a appliqué les principes qui viennent d'être rappelés à la transformation de l'énergie électrique. Il réalise un certain nombre de circuits, convenablement couplés entre eux, aux circuits d'entrée et de sortie, et à des arcs qui servent à effectuer les différentes commutations au moment désiré. Pour amorcer l'un quelconque de ces arcs, il utilise la surtension instantanée produite par la décharge d'un condensateur, aux bornes de quelques spires de fil, en série sur l'une des électrodes. (Principe de l'étincelle pilote.) Pour éteindre l'arc il dispose les différents circuits de façon que le courant vienne à s'annuler périodiquement dans chacun d'eux.

Etant donné que la puissance débitée par l'arc peut être extrêmement importante, tandis que celle qui est requise par l'étincelle pilote reste toujours faible, l'appareil peut servir de relais, de régulateur,

LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES (L.T.T.)

Société Anonyme au Capital de 25.000.000 de francs

R. C. Versailles — 14.148

Siège Social et Usines : CONFLANS-SAINT-HONORINE (Seine-et-Oise)

Services Techniques : 26, rue de la Pépinière, PARIS

ÉTUDE, INSTALLATION ET ENTRETIEN

DE

Lignes télégraphiques et téléphoniques aériennes

ÉTUDE, FABRICATION, INSTALLATION, ENTRETIEN

DE

**CABLES TÉLÉGRAPHIQUES & TÉLÉPHONIQUES
A GRANDE DISTANCE**

CABLES A PAIRES COMBINABLES

CABLES KRARUPISÉS

CABLES SOUS PLOMB ET CABLES ARMÉS

CABLES SOUS-MARINS

Bobines Pupin — Matériel de stations de relais

Pose de câbles aériens, souterrains et en conduites

Entretien de câbles installés

INSTALLATIONS SPECIALES

DE CABLES

TELEGRAPHIQUES

ET TELEPHONIQUES

POUR CHEMINS DE FER



DISPOSITIFS

CONTRE L'ELECTROLYSE

ET LES

INTERFERENCES

DE LIGNES D'ENERGIE

de transformateur de tension, d'intensité, de fréquence, etc...

Pour les fortes intensités, l'arc est chassé par un champ magnétique suivant une trajectoire fermée, et les électrodes métalliques sont refroidies par circulation d'eau. Le choix du métal constituant l'électrode, la nature et la pression du gaz utilisé, influent sur le rendement et la durée de l'appareil. L'étude de la stabilité de l'arc a conduit à employer des bobines de self spéciales, en série sur l'une des électrodes. L'auteur a mis au point un convertisseur hexaphasé pouvant débiter soit 100, soit 250 kilowatts maximum, sous une tension de 600 volts continu et destiné à la traction électrique. L'étude a été effectuée à la Compagnie française Thomson-Houston. La tension continue produite peut être réglée. L'intérêt de l'appareil réside dans sa simplicité de construction (il n'y a pas de vide à réaliser) et dans sa très grande capacité de surcharge.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE.

67. Examen de bois imprégné, notamment au bichlorure de mercure, au moyen des rayons Röntgen (Friedrich Moll, *E. T. Z.*, 27 septembre 1928). — Il résulte d'essais écrits dans cette note, qu'en l'état actuel de la technique des rayons Röntgen il ne semble pas possible de procéder d'une manière économique à l'examen des bois imprégnés, tant pour juger de la qualité de l'imprégnation que pour déceler la présence de défauts cachés du bois. L.-J. C.

67. Les aciers inoxydables (*Technique moderne*, 1^{er} août 1928). — Reproduction d'un tableau paru dans *The Iron Age* et donnant toutes les caractéristiques importantes de trois groupes d'aciers désignés sous le nom d'aciers inoxydables. R. H.

68. Appareil de tableau permettant de mesurer par lecture directe les différents éléments d'un circuit complexe sous courant alternatif (S.-S. Held, *R. G. E.*, 29 septembre 1928). — L'appareil construit par l'auteur pour les Etablissements Chauvin et Arnoux est principalement destiné à mesurer les self-inductances en donnant des indications directes. La mesure est indépendante de la résistance du circuit dont on mesure l'inductance, de la tension et de la fréquence de la source d'alimentation dans les limites industrielles. L'appareil peut être utilisé pour la

détermination d'autres éléments, tels que les capacités, indépendamment des résistances non-inductives en série ou en dérivation (condensateurs shuntés ou à diélectriques défectueux), et la résistance non-inductive en courant alternatif sans qu'interviennent la fréquence, la capacité et la self-inductance du circuit, les indications étant toujours lues directement sur une échelle appropriée. En principe, l'appareil sera agencé de façon à faire apparaître directement les quantités $U \sin \varphi : I$, $U \cos \varphi : I$, $I \sin \varphi : U$, respectivement proportionnelles à la réactance d'induction, à la résistance et à la réactance de capacité.

Une première réalisation consiste à utiliser une action électro-dynamique entre conducteurs fixes et mobiles, en employant un électro-aimant dans le champ duquel peuvent se déplacer deux cadres bobinés, mécaniquement solidaires, affectant de préférence la disposition adoptée pour les quotientmètres Chauvin et Arnoux (1), c'est-à-dire comportant deux cadres inégaux, un côté d'un cadre étant pris comme axe de rotation et passant par le centre d'un noyau répartiteur. Les arrivées de courant sont assurées par trois spiraux d'or, de couple mécanique négligeable par rapport au couple actif. Dans certains cas, nous avons employé un montage différent, utilisant un couple d'induction fourni par un champ tournant sur un enroulement en court-circuit, opposé au couple électrodynamique. AUT.

69. Les accidents électriques (*Annales P. T. T.*, septembre 1928).

87. Le captage des poussières industrielles (M. E. Lévêque, *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, juin 1928). — Plusieurs procédés sont utilisés pour capter les poussières industrielles : procédés mécaniques faisant appel à la pesanteur, à la force centrifuge, au contact du gaz poussiéreux avec des pellicules liquides, au lavage par contact intime de l'eau et du gaz, à la filtration à travers un tissu. Mais le procédé le plus puissant actuellement connu est la précipitation par un champ électrique de haute tension : quelques milliers de volts par centimètre. L'auteur décrit quelques types d'installations de ce genre et indique les résultats pratiques obtenus. P.M.

1. S. HELD, *Les appareils destinés à mesurer le rapport de deux couples électro-dynamiques* : *Revue générale de l'électricité*, 5 avril 1924.

MACHINES ELECTRIQUES SPECIALES**Michel BONNIER****16, Rue Saint-Gilbert, LYON - Tél. Vaudrey 24-09.****Construction sur commande de Machines pour toutes les applications de l'Électricité. ●****Machines pour T.S.F.**

Alternateurs et Transformateurs à fréquence musicale.
 — Génératrices courant continu jusqu'à 10.000 volts. —
 Groupes monoblocs à plusieurs circuits magnétiques.

Machines pour P.T.T.

Groupes de charges pour Centraux Téléphoniques. —
 Groupes convertisseurs divers. — Moteurs synchrones.
 — Commutateurs.

Machines pour Applications Diverses

Moteurs à vitesses lentes depuis 300 tours et Mo-
 teurs à très grandes vitesses jusqu'à 10.000 tours. —
 Transformateurs à tension réglable de zéro à maxima
 — Génératrices à grande intensité pour électrolyse. —
 Dynamos-freins. — Redresseurs de courant à mercu-
 r liquide système André LATOUR. — Régulateurs d'in-
 duction. — Groupes d'étalonnage pour compteurs.

Représentants à Paris : Etablissements J COMMISSAIRE, 9, Rue Sodaïne. Tél. Roquette 53-48.**INDEX**

	Pages
DOCUMENTATION	D. 11, D. 12, D. 13, D. 14, D. 15
BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES P.T.T.	10, 12, 14
Compagnie française des câbles télégraphiques	2
Société anonyme Lidgerwood	4
Le Carbone	6
Compagnie des Lampes	6
Lignes télégraphiques et téléphoniques	8
Grammont	11
Ecole Berlitz	13
Société industrielle des Téléphones	15
Tréfileries et laminoirs du Havre	16
Le Matériel Téléphonique	17
Société anonyme Siemens-France	18
La machine à affranchir Havas	18
Société des Téléphones Ericsson	19
Grand Bazar de l'Hôtel-de-Ville	20
Etablissements GaiFFE-Gallot et Pilon	20
Compagnie des Téléphones Thomson-Houston	21
Cambridge Instrument Co Ltd	22
Société française Gardy	23
Société d'Etudes pour liaisons téléphoniques et télégraphi- ques à longue distance	24
Association des ouvriers en instruments de précision	24
Ateliers J. Carpentier	25
Société alsacienne de constructions mécaniques	27
L'éclairage des véhicules sur rail	28
Compagnie générale de télégraphie et de téléphonie	28
J. Audibert	29
Ateliers L. Doignon	30
Société Générale	30
Etablissements A. Meunier, Vergnaud et Cie	31
Les Câbles de Lyon	31
Société d'électricité Mors	31
Machines électriques spéciales Michel Bonnier	32
Ecole spéciale des Travaux publics	III
Société française des Appareils Creed	IV

• ANNÉE — N° 4.

AVRIL 1929.

MAY 22 1929

PRIX : 6 francs.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS
D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3 RUE THÉNARD PARIS, V^e

Prix de l'Abonnement annuel : France..... 60 francs; Étranger..... 100 francs.

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

- LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE, 3, rue Thénard, Paris (5^e).**
- CONSTRUCTION DES LIGNES AÉRIENNES (1)** par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (3^e éd., 1 vol. autogr., de 362 p., et 188 fig.)..... 25 fr.
- CONSTRUCTION DES LIGNES SOUTERRAINES (1)**, par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 346 p., 153 fig. et 17 pl.)... 30 fr.
- COURS DE PROTECTION DES LIGNES télégraphiques et téléphoniques contre les lignes d'énergie (1)**, par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr., de 493 p., 65 fig. et 2 pl.)..... 55 fr.
- COURS D'INSTALLATIONS TÉLÉPHONIQUES**, par MILON, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. typogr., de 460 p., 294 fig., 15 pl.)..... 45 fr.
- COURS D'EXPLOITATION TÉLÉGRAPHIQUE (1)**, par L. RAYNAL, ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr., de 175 p.)..... 18 fr.
- PRINCIPES GÉNÉRAUX D'EXPLOITATION TÉLÉPHONIQUE (1)**, par MILON, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 272 p. et 20 fig.)... 15 fr.
- TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SANS FIL (1)**, par VEAUX, ingénieur en chef des P.T.T., (1 vol. typogr. de 320 p. et 362 fig.)..... *(En réimpression)*
- COURS SUR L'ORGANISATION ET LE CONTRÔLE DE L'EXPLOITATION DES BUREAUX TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES (1)**, par LEVEAU, chef de bureau téléphonique hors classe breveté, (1 vol. autogr., de 190 p.)..... 18 fr.
- COURS D'EXPLOITATION POSTALE** par FERRIERE chef de bureau des P.T.T. (2 vol. typogr. de 241 et 306 p.)..... 40 fr.
- COURS DE COMPTABILITÉ et de droit budgétaire (1)**, par FERET DU LONGBOIS directeur au ministère des Finances (1 vol. typogr., 3^e éd., 156 p.)..... 15 fr.
- CONFÉRENCES DE COMPTABILITÉ industrielle et commerciale**, par G. VALENSI ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr., de 276 p.)..... 18 fr.
- COURS DE MACHINES (1)**, par M. SAUVAGE, inspecteur général des Mines (1 vol. autogr., 207 p., 70 fig.), 15 fr.
- COMPLÉMENTS DE MATHÉMATIQUES (1)**, par B. COLLIN, agrégé de l'Université, professeur au lycée Saint-Louis et à l'École supérieure des P. T. T. (1 vol. autogr. de 84 p.)..... 7 fr.
- COURS ÉLÉMENTAIRE DE TÉLÉPHONIE (2)**, par Louis GRELAUD, contrôleur principal des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 180 p. et 127 fig.)..... 22 fr.
- COURS D'ÉLECTRICITÉ (2)** (Application à la téléphonie et à la télégraphie à l'usage des agents mécaniciens et du Personnel des P. T. T.), par Ch. SUCHET, ingénieur des P.T.T., (3^e éd., 2 vol. typogr. de 299 p. et 236 p.) Tome I, 30 fr.; Tome II, 22 fr.
- COURS DE MULTIPLES TÉLÉPHONIQUES (2)** (à l'usage des agents mécaniciens, et du Personnel des P. T. T.), par Paul JOLY, ingénieur en chef des P.T.T. 2^e éd., 1 vol. autogr., 519 p., 147 fig. et un atlas de 70 pl.)..... 60 fr.
- COURS DE TÉLÉPHONIE AUTOMATIQUE (2)** (à l'usage des agents mécaniciens et du Personnel des P. T. T.), par Ch. PETIT, ingénieur en chef des P.T.T. (2 vol.).
Livre I (415 pages, 162 fig. et 39 pl. hors-texte) 55 fr.
Livre II *(en impression)*
- MANUEL DE L'OUVRIER** des lignes aériennes télégraphiques et téléphoniques, par L. DROUET, ingénieur en chef des P.T.T. (3^e éd., 1 vol. typogr. 13×18, de 254 p. et 158 fig.)..... 18 fr.

(1) Cours professé à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes.

(2) Cours professionnels.

MANUFACTURE DE FILS & CABLES ELECTRIQUES

Spécialités de Cordons pour Récepteurs, Combinés, Standards, etc...
Cordons pour T.S.F.

Établissements A. MEUNIER, VERGNAUD & C^{ie}

Société à responsabilité limitée — Capital 200.000 francs

Fournisseur des P.T.T.

BUREAUX ET ATELIERS :

3, Rue Rigaud, 3
LE BOURGET (Seine)

REGISTRE DU COMMERCE :

SEINE n° 221.671

Téléphone : NORD 64-67

Gare : BOURGET-DRANCY

Tramways 52 et 72



LES

CABLES DE LYON

MANUFACTURE DE FILS ET CABLES ELECTRIQUES
DE LA COMPAGNIE GENERALE D'ELECTRICITE S. A. CAP 100 MILLIONS

SIÈGE SOCIAL : 54, RUE LA BOÉTIE, PARIS

DIRECTION ET BUREAUX A LYON :

418-420, AVENUE JEAN-JAURES

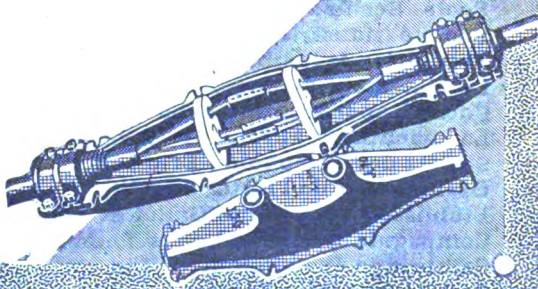
USINES : 41, RUE DU PRÉ GAUDRY, 41

SUCCURSALE A PARIS :

16, RUE DE LA BAUME, 16 — TÉLÉPHONE : ÉLYSÉES 45-98

AINS! QUE DANS LES PRINCIPALES VILLES DE FRANCE

Tous fils et câbles
électriques isolés
Accessoires pour
réseaux souterrains



SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ MORS

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4 MILLIONS

11, Rue Petit, CLICHY (Seine) — Usines à Clichy et à Sens

Registre du commerce Seine n° 208.871 B

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

LUMIÈRE — FORCE — TÉLÉPHONIE — SONNERIES

MACHINES ELECTRIQUES SPECIALES

Michel BONNIER

16, Rue Saint-Gilbert, LYON — Tél. Vaudrey 24-09.

Construction sur commande de Machines pour toutes les applications de l'Électricité. ●

Machines pour T.S.F.

Alternateurs et Transformateurs à fréquence musicale.
— Génératrices courant continu jusqu'à 10.000 volts. —
Groupes monoblocs à plusieurs circuits magnétiques.

Machines pour P.T.T.

Groupes de charges pour Centraux Téléphoniques. —
Groupes convertisseurs divers. — Moteurs synchrones.
— Commutateurs.

Machines pour Applications Diverses

Moteurs à vitesses lentes depuis 300 tours et Mo-
teurs à très grandes vitesses jusqu'à 10.000 tours. —
Transformateurs à tension réglable de zéro à maxima.
— Génératrices à grande intensité pour électrolyse.
— Dynamos-freins. — Redresseurs de courant à mercure
liquide système André LATOUR. — Régulateurs d'in-
duction. — Groupes d'étalement pour compteurs.

Représentants à Paris : Etablissements J COMMISSAIRE, 9, Rue Sodaïne. Tél. Roquette 53-48.

INDEX

	Pages
DOCUMENTATION	D. 11, D. 12, D. 13, D. 14, D. 15
BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES P.T.T.	10, 12, 14
Compagnie française des câbles télégraphiques	2
Société anonyme Lidgerwood	4
Le Carbone	6
Compagnie des Lampes	6
Lignes télégraphiques et téléphoniques	8
Grammont	11
Ecole Berlitz	13
Société industrielle des Téléphones	15
Tréfileries et laminoirs du Havre	16
Le Matériel Téléphonique	17
Société anonyme Siemens-France	18
La machine à affranchir Havas	18
Société des Téléphones Ericsson	19
Grand Bazar de l'Hôtel-de-Ville	20
Etablissements Gaiffe-Gallot et Pilon	20
Compagnie des Téléphones Thomson-Houston	21
Cambridge Instrument Co Ltd	22
Société française Gardy	23
Société d'Etudes pour liaisons téléphoniques et télégraphi- ques à longue distance	24
Association des ouvriers en instruments de précision	24
Ateliers J. Carpentier	25
Société alsacienne de constructions mécaniques	27
L'éclairage des véhicules sur rail	28
Compagnie générale de télégraphie et de téléphonie	28
J. Audibert	29
Ateliers L. Doignon	30
Société Générale	30
Etablissements A. Meunier, Vergnaud et Cie	31
Les Câbles de Lyon	31
Société d'électricité Mors	31
Machines électriques spéciales Michel Bonnier	32
Ecole spéciale des Travaux publics	III
Société française des Appareils Creed	IV

ANNÉE — N° 4.

AVRIL 1929.

MAY 22 1929

PRIX : 6 francs.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS
D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3 RUE THÉNARD PARIS, V^e

Prix de l'Abonnement annuel : France..... 60 francs; Etranger..... 100 francs.

Digitized by Google

ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES [ET] TÉLÉPHONES.

Revue mensuelle publiée par les soins
d'une commission nommée par
LE MINISTRE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

La commission des *Annales* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs et qui peuvent ne pas refléter la doctrine de l'administration; elle ne s'imisce pas dans les questions de priorité.

RÉDACTION : 20, RUE LAS CASES, PARIS 7°.

Téléphone : Ségur 46.43 et 45.59.

Pour tout ce qui concerne les abonnements et la publicité,
s'adresser à l'éditeur :

LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE,

3, rue Thénard, Paris 5°.

TABLE DES MATIERES.

La politique commerciale des principales puissances, par GEORGES BLONDEL, professeur au Collège de France.	297
Mesures de transmission sur des circuits aériens, par P. MOCQUARD, ingénieur des Postes et Télégraphes.	314
Emploi du plan de jonction pour la localisation des dérangements sur les câbles à grande distance équi- brés par croisements, par P. PRACHE, ingénieur des Postes et Télégraphes	332
Le métropolitain postal de Londres, par P. CAUFQUIER, ingénieur des Ponts et chaussées	337
Théorie de la téléphonie sur les circuits, en parti- culier sur les circuits pupinisés, par HERMANN SCHULZ, (suite)	357
REVUE DES PÉRIODIQUES : Procédé de mise en place des poteaux de lignes électriques.	392
INFORMATIONS : Les chèques postaux français en 1928. — Le bureau de poste situé à la plus grande altitude. — Ins- tallation électrique pour études musicales.	395
BIBLIOGRAPHIE	397
DOCUMENTATION	D. 16

LA POLITIQUE COMMERCIALE DES PRINCIPALES PUISSANCES, ⁽¹⁾

par Georges BLONDEL,
professeur au Collège de France,

Les problèmes de politique commerciale préoccupent aujourd'hui tous les gouvernements. J'ai pu me convaincre, au cours de récents voyages à travers l'Europe, que l'une des questions qui agitent le plus les esprits est la question d'une reprise des bonnes relations entre les peuples. Tous ceux qui veulent la paix, la paix solide, nécessaire après la formidable bourrasque par laquelle l'Europe a passé, sont convaincus qu'il ne peut y avoir de paix, dans le sens complet du mot, s'il n'y a pas en même temps une paix économique ; et la paix économique est conditionnée par les rapports entre les peuples.

La guerre qu'on a justement appelée *guerre mondiale* a bouleversé les équilibres qui s'étaient établis. Les statisticiens calculent que, depuis le mois d'août 1914 jusqu'au mois de novembre 1918, il n'y a pas eu moins de 45 millions d'hommes, la plupart dans la force de l'âge, qui ont été mobilisés. Et derrière ces 45 millions d'hommes, il y a eu au moins 65 ou 70 millions d'autres personnes, des femmes, des jeunes filles, des enfants, des personnes âgées, qui ont été affectées à des travaux qui se rattachaient à la guerre. Cent dix ou cent vingt millions de personnes ont été détournées de leurs occupations habituelles, occupations pacifiques, pour être affectées à des œuvres qui étaient principalement des œuvres de destruction, des œuvres de mort.

Ces chiffres suffisent à faire comprendre que de grands change-

1. Conférence publique faite à l'amphithéâtre de l'Ecole professionnelle supérieure des postes et télégraphes les 21 décembre 1928 et 11 janvier 1929.

ments se sont produits forcément dans les équilibres qui s'étaient établis.

La guerre a eu deux aspects principaux. Elle a été d'abord la plus grande lutte militaire qu'on ait jamais vue. A aucune époque de l'histoire il n'y a eu tant d'hommes mis en mouvement pour se battre. Jamais il n'y avait eu pareil effort d'inventions de toute sorte, depuis les gaz asphyxiants jusqu'à la grosse Bertha qui envoyait des obus à 120 kilomètres de distance.

La guerre a eu aussi un aspect sur lequel je dois insister ; je veux dire un aspect économique très accentué. Elle a entraîné des perturbations considérables dans le domaine de la production, de la circulation, de la répartition, de la consommation. Tout l'ancien équilibre a été bouleversé. Il ne s'agit pas de le rétablir : il faut découvrir des équilibres nouveaux. Il suffit de comparer une carte de l'Europe antérieure à la guerre avec une carte de l'Europe actuelle, pour constater que de grands changements se sont faits dans notre vieux continent. Il n'y a pas moins de 25.000 kilomètres de frontières ; et près de 10.000 sont des frontières nouvelles. Sur toutes ces frontières, se sont dressées des barrières douanières. Et ces barrières entravent la reprise de la vie commerciale. Elles provoquent constamment des discussions et des conflits.

* * *

Le problème de la vie économique internationale est toujours dominé par des conceptions dont il faut dire d'abord quelques mots. Les peuples vivaient autrefois repliés sur eux-mêmes. La Russie est le dernier pays européen qui nous ait offert l'image d'un peuple vivant, pour ainsi dire, sauf quelques classes de la population plus riches qui voyageaient, avec ses seules ressources.

Les contacts des peuples les uns avec les autres se sont multipliés après les grandes découvertes géographiques. Aux ^{xvi}^e et ^{xvii}^e siècles, les rapports étaient déjà fréquents ; mais ils se sont surtout développés au cours du ^{xix}^e siècle, sous l'influence des grandes inventions que vous connaissez : la navigation à vapeur et

le développement des voies ferrées ont facilité la mise en contact de toutes les régions du globe les unes avec les autres.

Les peuples ont renoncé de plus en plus à l'organisation rudimentaire que les économistes appellent l'*économie politique fermée*. Ils se sont habitués de plus en plus à faire une grande consommation de produits exotiques. Exemple : le café. Et quelle importance a prise aujourd'hui le coton ; autrefois, dans une grande partie des contrées d'Europe centrale, on cultivait le lin et le chanvre, et c'était avec de la toile de lin ou de chanvre que l'on faisait une partie des étoffes dont on avait besoin ; le troupeau de moutons était d'ailleurs plus considérable qu'aujourd'hui. La plus grande partie des vêtements sont maintenant fabriqués avec du coton venant des pays lointains ; la laine que nous continuons à employer vient surtout d'Australie.

Ce changement dans les habitudes a obligé les hommes à se poser le problème suivant : Faut-il qu'en raison de ces transformations on accepte la liberté complète des échanges ? Est-ce au *libre échange* que nous devons tendre pour l'avenir ? Si oui, tout ce qui serait une barrière, un obstacle, une entrave, doit être abandonné.

Faut-il dire, au contraire, comme font beaucoup d'autres : — Prenons garde, avec le libre échange, d'amener des ruines, des catastrophes. Tous les pays ne sont pas également doués au point de vue de la fertilité du sol, de la douceur du climat, des aptitudes des populations. Ne faut-il pas, au moins pour un certain temps, admettre qu'on doit se protéger, se défendre contre des concurrences qui pourraient être désastreuses ?

Donc, d'un côté, théorie du libre échange ; et de l'autre, théorie de la protection, de la défense des intérêts nationaux.

Le problème est d'autant plus compliqué que tous les peuples ont aujourd'hui de grands besoins d'argent. Tous veulent s'organiser sur un grand pied. Il faut pour cela beaucoup de fonctionnaires et d'employés, et l'on se demande actuellement où il faut aller chercher l'argent indispensable.

Il y a deux moyens de s'en procurer : l'impôt. l'emprunt. L'emprunt ne peut jouer de façon continue et a bien des inconvénients. On se tourne alors du côté de l'impôt, qui peut jouer d'une

façon presque continue. Et tous les états ont été amenés à frapper leurs nationaux d'impôts considérables. On cherche quels sont, parmi ces impôts, ceux qui seront le plus aisément supportés. Un grand nombre d'économistes se tournent vers les droits de douane. Les droits de douane amèneront sans doute un renchérissement de la vie ; mais l'augmentation des prix se fera sentir sur un grand nombre de choses qui ne sont pas des choses de première nécessité. On ajoute : la majoration de prix sera en partie à la charge de l'exportateur. Il sera obligé de faire des réductions, des concessions ; c'est le vendeur qui payera une partie de l'impôt.

De là une certaine préférence pour cette forme d'impôts indirects qu'on appelle les droits de douane.

Si l'on est allé très loin, presque partout, dans la voie de la protection, cela tient aussi à ce que le protectionnisme a été dans une large mesure un corollaire du nationalisme, qui est un des mouvements les plus caractéristiques de notre temps. Le nationalisme n'est pas simplement le résultat de la dernière guerre : il remonte à une époque déjà ancienne. C'est dans la première moitié du XIX^e siècle qu'on a vu se produire le grand mouvement qu'on a appelé « le réveil des nationalités ». Autrefois, la question de race ne jouait presque aucun rôle dans toute cette Europe centrale où des peuples divers venus de l'Asie s'étaient enchevêtrés les uns dans les autres. Lorsque des conflits se produisaient, chacun demandait à être jugé d'après sa loi nationale. C'est ce qu'on appelait le *principe de la personnalité des lois*.

Chaque peuple, chaque groupement ethnique a pris aujourd'hui conscience de lui-même : un Allemand ne se sent pas un Slave, un Slave ne se sent pas un Roumain, un Roumain ne se sent pas un Hongrois, un Hongrois ne se sent pas Croate ou Serbe ; chacun a pris conscience de sa nationalité. Le nationalisme est un phénomène presque nouveau par rapport aux siècles du Moyen Age ou de la Renaissance. C'est un très grand changement. Les hommes accordent une importance énorme à la question de race.

L'enchevêtrement des races dans l'Europe centrale a eu cette conséquence qu'il y a partout un *problème des minorités*. En Pologne, sur 30 millions d'habitants, il y en a 9 ou 10 qui ne sont pas des

Polonais et sur le patriotisme desquels on ne peut guère compter. En Tchécoslovaquie, il y a 3.200.000 Allemands qui ne se sentent pas Tchèques et qui sont convaincus que leur culture est très supérieure à une civilisation slave quelle qu'elle soit. Dans la partie de l'ancienne Hongrie donnée à la Roumanie, il y a un million et demi de Hongrois qui n'acceptent pas de se roumaniser. En Italie, vous avez 500.000 Croates et Slovènes, et près de 200.000 Allemands dans le Tyrol, qui n'acceptent pas de s'italianiser. C'est là un des corollaires de cette poussée des nationalités, et une cause de difficulté pour l'organisation de la nouvelle Europe.

La question est encore compliquée par le fait que les populations de l'Europe centrale sont, en grande majorité, des populations rurales. Ici, en France, nous sommes le pays le mieux équilibré au point de vue de la répartition des différentes catégories sociales. La moitié de la population est agricole ; l'autre moitié se divise entre commerçants, industriels, etc... Nous faisons envie aux autres peuples.

Dans le reste de l'Europe, il n'en est pas de même. Il y a beaucoup de régions qui sont essentiellement agricoles, et instinctivement, les populations agricoles ont une tendance à la protection. Nous sommes disent-elles, menacées de voir nos produits baisser de prix par suite de la concurrence de tous les pays qu'on appelle *les pays neufs*, les pays du Nouveau-Monde, où les charges, au point de vue des impôts, sont moins lourdes qu'elles ne le sont ici ; le sol y est souvent plus fertile, le climat est meilleur ; ces pays neufs sont capables de produire quantité de choses dans des conditions moins onéreuses que nous : il faut nous défendre contre une invasion dont nous pourrions être victimes.

Les industriels disent, de leur côté : Nous ne pourrions rivaliser avec les industriels allemands, anglais, américains : si la main-d'œuvre est, dans ces pays, aussi chère que chez nous, elle est mieux préparée, mieux entraînée. Il y a des organisations extrêmement puissantes, telles que les cartels, la rationalisation ; nous ne pouvons espérer lutter victorieusement. Il faut donc que le gouvernement nous protège contre la concurrence ; il faut que nos usines puissent se développer

En dépit de déclarations qui ont été faites à Genève et dans divers congrès tels que le Congrès Paneuropa ou la Mittel Europäische Wirtschaftstagung, malgré les observations judicieuses relatives à l'exagération des barrières douanières, nous sommes en présence d'une Europe qui ne veut pas abandonner l'idée de protection. Aussi la Conférence économique internationale n'a-t-elle pu arriver jusqu'ici qu'à de faibles résultats.

Peut-on espérer qu'un jour se constitueront des Etats-Unis d'Europe formant un bloc dans l'intérieur duquel il n'y aurait pas de barrières douanières, ou bien des barrières douanières réduites à leur minimum ? C'est peu probable ; mais on peut essayer néanmoins de procéder par étapes. Car proposer aujourd'hui à quelque Etat que ce soit, d'abolir ses barrières douanières serait chimérique. Il faut patienter ; il faut accepter tout au moins l'idée d'une période de transition qui durera probablement très longtemps.



Pour comprendre les tendances actuelles, il faut entrer dans quelques détails, et parler, au moins brièvement, des principaux pays, de ceux qui ont une situation prépondérante, de ceux qui ont une plus grande influence en matière de politique commerciale. Il faudra dire quelles sont d'abord les tendances de l'Angleterre et du monde britannique. Nous verrons ensuite ce qu'on peut penser des Etats-Unis. Avec leurs 120 millions d'habitants, avec une surface plus grande que l'Europe entière (si l'on excepte la Russie) avec des moyens d'action formidables et une richesse énorme (500 milliards de dollars), ils pèsent d'un très gros poids.. Je dirai, bien entendu, quelques mots de la France, des travaux de la Chambre de commerce internationale, et de certains groupements comme l'Union économique douanière.

L'Angleterre passait pour la patrie du libre échange.

Il n'en a pas toujours été ainsi, le libre échange n'a pas toujours été la doctrine de l'Angleterre. Après les grandes découvertes géographiques au ^{xvi}^e siècle, et même au ^{xvii}^e siècle, l'Angleterre était protectionniste. L'homme d'état le plus important de cette

époque, Cromwell, était même protectionniste à outrance. Il fut l'auteur, au milieu du xvii^e siècle, de ce fameux *Acte de navigation*, qui interdisait tout commerce autrement que par l'intermédiaire des navires anglais. C'était une forme de protectionnisme bien caractérisée.

Dans la seconde moitié du xviii^e siècle, sous l'influence d'économistes tels qu'Adam Smith, l'Angleterre a évolué vers l'idée de liberté commerciale. Elle s'est dit : Maintenant, nous sommes assez bien développés ; la liberté du commerce sera pour nous plus avantageuse que des mesures de protection.

L'attachement au libre échange s'est accentué au fur et à mesure que la population de l'Angleterre est allée en augmentant ; on constatait que le sol de l'Angleterre (qui d'ailleurs n'est pas très fertile) grâce à un climat humide, ne pouvait nourrir toute la population. Une propagande acharnée fut faite par la fameuse *Ligue de Manchester*, à la tête de laquelle se trouvaient des économistes de grande valeur tels que Richard Cobden, dont les idées ont été acceptées par toute une école d'économistes ; le plus célèbre fut Frédéric Bastiat.

Ce mouvement en faveur de la liberté avait enthousiasmé Napoléon III, qui avait passé une partie de sa jeunesse en Angleterre. Napoléon III, qui s'était lié avec des économistes anglais, a voulu faire triompher le libre échange et a conclu un traité avec l'Angleterre, qui a été une véritable révolution, un petit coup d'état économique. Il s'était passé du Parlement, qui se montrait hostile à ses idées.

Le traité de 1860, qui correspondait à un abaissement énorme des barrières douanières, a été le point de départ du mouvement libéral qui a fait tache d'huile et s'est propagé dans toute l'Europe. Le libre échange eut, pour l'Angleterre plus encore que pour nous, d'heureux effets. Il contribua à stimuler un grand nombre d'industriels. L'Angleterre s'est lancée à ce moment dans la voie d'une production intense, et elle vendit avantageusement ses produits dans tout le reste du monde. Elle était en avance sur la plupart des pays ; partout, dans toutes les villes européennes, on achetait en quantité les articles anglais.

Il importe de rappeler ici que l'Angleterre adopta le libre échange non seulement par doctrine, par théorie, mais surtout par intérêt. Son intérêt a maintenant changé ; elle change aujourd'hui ses idées.

Bismarck disait : Le libre échange ou la protection, c'est comme la quinine que l'on administre suivant le degré de fièvre. Il faut voir quel est l'état économique des nations.

C'est vers 1880 que l'Angleterre a commencé à dire : Mais ce libre échange, grâce auquel nous avons inondé le monde de nos articles anglais, va-t-il nous être indéfiniment avantageux ? Elle constatait alors que les pays qui, jusqu'alors, étaient de bons clients en Europe continentale, s'industrialisaient même à outrance. De petits pays, comme la Belgique, la Hollande, voisins de l'Angleterre et qui achetaient autrefois nombre d'objets anglais, étaient devenus très industriels et ne lui achetaient plus autant. La plupart de ces pays élevaient en outre des barrières douanières qui gênaient considérablement les exportateurs anglais, les empêchant de vendre aussi facilement. Beaucoup de marchés, sur lesquels, depuis cinquante ans, l'Angleterre avait mis la main, se fermaient peu à peu.

Joseph Chamberlain se fit l'apôtre et le propagateur de toute une doctrine, de toute une série de conceptions, qui avaient pour but de faire évoluer l'Angleterre dans la voie du protectionisme. Analysant les statistiques, Chamberlain constatait que le commerce anglais présentait, au premier abord, une apparence satisfaisante ; mais il fallait voir aussi, disait-il, de quoi il se composait. Autrefois, disait Chamberlain, nous achetions les matières premières dans les pays les plus lointains ; avec notre magnifique marine nous transportions ces matières premières dans de bonnes conditions, nous transformions ces produits en Angleterre dans nos usines, et nous vendions au reste du monde des produits manufacturés. Aujourd'hui, ce n'est plus la même chose : nous achetons beaucoup moins de matières premières, mais par contre nous achetons beaucoup plus de produits manufacturés, et nous vendons aux autres pays des matières premières que nous devrions transformer en Angleterre même, ce que nous ne faisons plus, car on achète infiniment moins d'articles anglais qu'autrefois. C'est un énorme changement ; si

le mouvement s'accroît, il aura des conséquences désastreuses pour nous.

C'est à ce moment-là que les Anglais, constatant que les Allemands avaient inventé la fameuse marque « Made in Germany », se sont dit : Par loyalisme et par patriotisme, il ne faut plus que l'on achète les objets ainsi marqués. Mais on s'est bien vite aperçu que, malgré leur loyalisme et leur patriotisme, les Anglais étaient si bien habitués à acheter quantité de choses en Allemagne qu'ils n'ont pu s'en passer.

Les Anglais se sont dit alors : Le commerce, c'est très bien : il faut continuer à en faire pour gagner de l'argent ; mais cela ne peut suffire : notre vie économique nécessite de grandes réformes.

L'Angleterre n'a pas suivi Chamberlain. Les banquiers sont intervenus ; Londres étant resté le plus gros marché au point de vue bancaire, ils déclarèrent que, le jour où l'on aurait fait le changement préconisé par Chamberlain, l'Angleterre perdrait beaucoup de sa situation prépondérante au point de vue financier et monétaire, ajoutant que c'était se lancer dans l'inconnu ; que les idées de Chamberlain, si on les appliquait, amèneraient un renchérissement de la vie ; que les ouvriers se plaindraient et que cela amènerait des troubles intérieurs et une grande effervescence dans le monde des travailleurs. On a été effrayé, et l'Angleterre est restée fidèle à son libéralisme. On a simplement accepté de mettre quelques droits légers, dans un but fiscal, pour se procurer de l'argent et faire fonctionner les assurances ouvrières propres à calmer les doléances des travailleurs.

Cependant, dans les dernières années qui ont précédé la guerre, on commençait à revenir aux idées de Chamberlain. Je me rappelle la correspondance que j'échangeai alors avec un grand industriel de Birmingham, qui d'ailleurs ne prévoyait nullement la guerre. Il me disait : Chamberlain a dit de si grosses vérités, que l'on finira peut-être par évoluer un jour ou l'autre vers des idées de protection. L'Angleterre ne restera pas toujours fidèle à ses idées libérales. Les adhérents de la ligue de Manchester pensaient que tous les peuples du monde devaient s'orienter vers la fraternité, que tous les peuples diraient : Oui, nous nous sommes tous trompés

en faisant de la protection. C'était bon au Moyen Age. Il faut abandonner les idées désuètes comme on a abandonné les péages ou les tonlieux. Vous verrez, me disait mon correspondant, on reviendra aux idées de protection. Mais il ajoutait : Ce sera délicat, parce qu'il faudra faire de la protection en tenant comptant des situations respectives de tous les peuples avec lesquels nous sommes en relations, et tous ces peuples ont une organisation de vie publique et privée excessivement différente de celle de l'Angleterre. Nous sommes quelque peu figés dans certaines conceptions traditionalistes, et cela nous gênera pour nous adapter à l'évolution générale du monde.

Pendant la guerre, l'Angleterre a modifié considérablement ses idées. Elle n'a pas tardé à établir les droits connus sous le nom de *droits Mac Kenna*, du nom de l'inventeur. Ces droits avaient pour but d'empêcher l'introduction en Angleterre des articles de luxe, articles qui ne sont pas de nécessité absolue. On frappait ces objets d'une taxe de 33 1/2 % *ad valorem*, ce qui entraîna de fortes majorations sur beaucoup d'objets de luxe, par exemple sur les automobiles (exception faite pour les camions, qu'il fallait absolument se procurer, car ils n'en avaient guère en Angleterre), les instruments de musique ou d'optique, sur les articles d'horlogerie, les montres, les pendules, les pellicules de cinéma, etc...

On avait dit, pour faire accepter ces majorations : « C'est pour la durée de la guerre ; après la guerre, on reviendra aux idées libérales. » Mais quand la guerre prit fin, les idées libérales s'effondrèrent rapidement. Je me rappelle qu'au moment où la guerre finissait j'ai entendu un discours fort intéressant de Sir John Pilter, président de la Chambre de commerce britannique à Paris, mort tout dernièrement. Sir John Pilter se demandait ce que devrait être la politique commerciale dans l'avenir. Je comprendrais, disait-il, que maintenant, entre les Alliés (France, Angleterre, Belgique, Italie, etc...), on supprimât les barrières douanières. Mais il faudrait que, vis-à-vis des autres peuples, y compris les neutres, et à plus forte raison les ennemis, l'on mît des barrières douanières élevées. Il faudra veiller, ajoutait-il, à ce que les neutres ne fassent pas le jeu de l'Allemagne. Des Allemands disaient alors,

en effet : La Suisse nous servira de tremplin : nous ferons passer par l'intermédiaire de la Suisse les pièces détachées ; on montera les machines en Suisse, et ainsi nous espérons bien, par l'intermédiaire des neutres, reprendre l'œuvre que la guerre a interrompue.

Ces idées se sont peu à peu évanouies. Les Anglais ont été très bienveillants pour les Allemands. On me disait à Berlin, quelques mois à peine après la fin de la guerre : « Les Anglais sont maintenant pour nous des alliés. Ils ont été avec vous pendant la guerre, c'est entendu ; mais, sur le terrain économique, ils ont le sentiment qu'il vaut mieux être avec nous. »

Je me rappelle une conversation avec le président du Syndicat des industries minières et métallurgiques d'Angleterre. « J'avais avant la guerre, me disait-il, trois chargements par semaine à destination de Brême ou de Hambourg. Je faisais travailler de gros commerçants, de gros producteurs ; c'était ma vie. Pendant la guerre, j'ai suivi le mot d'ordre et ai suspendu mon commerce avec l'Allemagne. Mais maintenant, les Allemands sont *knock-out* : nous devons les aider à se relever. »

Avec cet état d'esprit, les Anglais ont voulu être les principaux profiteurs de la guerre. L'Angleterre s'est dérobée à deux choses d'une importance capitale. D'abord une bonne répartition des matières premières entre tous les pays de l'Europe qui n'en avaient plus et voulaient pourtant s'industrialiser. Pour faire marcher leurs usines, il leur fallait des matières premières, et les Anglais, avec leurs dominions, étaient en état d'en fournir beaucoup. Une autre question d'importance capitale était la question monétaire. Il aurait fallu maintenir les accords de change qui auraient empêché les dégringolades en France, en Belgique, etc... Mais les Anglais ont dit : Des matières premières, nous vous en donnerons : payez, vous en aurez de toute espèce, depuis le charbon jusqu'au coton ; avec nos dominions, nous avons tout ce dont vous pouvez avoir besoin. En ce qui concerne la question monétaire, nous sommes les défenseurs du Vieux Monde, et les gens les plus riches à l'heure actuelle sont les Américains ; nous devons donc empêcher la livre sterling de baisser par rapport au dollar. Cela a été la grande préoc-

cupation des Anglais. Ils sont arrivés à leurs fins : la livre sterling n'a pas baissé.

C'est ainsi qu'à un moment qui avait une importance capitale pour l'Europe entière et les bonnes relations entre les différents peuples, il n'y a pas eu de coordination entre les peuples. Les Anglais ont une grande part de responsabilité dans les événements qui se sont déroulés depuis.

Les Anglais ont fourni des matières premières aux Allemands qui, au lendemain de la guerre, étaient épuisés (en matières textiles surtout). Les ouvriers allemands ne demandaient pas mieux que de travailler, et l'ouvrier allemand est plus travailleur que l'ouvrier anglais. Les Allemands se sont mis à travailler et les usines allemandes ont prospéré. Les Anglais ont fait d'abord de beaux bénéfices ; mais ensuite les Allemands travaillant avec ardeur, le chômage a pris en Angleterre de grandes proportions : il y a eu un moment, près de 3.000.000 de chômeurs ; et le malaise n'a pas disparu : il y a encore aujourd'hui, près de 1.400.000 chômeurs. Les Anglais, naturellement, en sont extrêmement contrariés. Cette situation ne saurait durer indéfiniment. L'Angleterre se trouve dans une situation difficile ; pour y faire face, elle a décidé de restreindre les importations pour empêcher son argent de sortir. Elle le garde pour payer des indemnités de chômage, qui sont tellement élevées que certains chômeurs anglais vivent mieux en France avec leur indemnité de chômage, sans rien faire, qu'en Angleterre en travaillant. C'est un déséquilibre lamentable.

Pour remédier à cet état de choses, on a proposé différents expédients : restreindre les salaires, restreindre l'immigration, éloigner tous les étrangers qui voudraient venir travailler en Angleterre, etc... D'ailleurs, comme la vie y est chère, l'Angleterre n'attire pas énormément les étrangers.

Puis on s'est dit qu'il fallait changer toutes les idées économiques, et l'on a repris les idées de Chamberlain. Le discours que le ministre des Colonies, M. Aimery, vient de prononcer devant un groupement qui s'est récemment constitué (Etats-Unis—Amérique du Sud) est significatif. Il s'agit de créer une nouvelle union douanière. On se demande, devant l'activité des Américains, si l'on pour-

rait parvenir à créer soit un mouvement paneuropéen, soit une confédération danubienne. Je ne crois pas que ces mouvements soient à la veille d'aboutir. M. Aimery a dit : « Il faut que nous nous soudions avec nos dominions. » C'est une reprise de la thèse impérialiste de Chamberlain. Il a ajouté : « Nous avons laissé tant de liberté à nos dominions, qu'ils ont pu, chacun à son idée, faire de la protection. Nous devons nous organiser pour mettre sur pied un régime préférentiel, nous ferons des conditions favorables afin d'accroître le plus possible le mouvement d'affaires entre la mère-patrie et les dominions. Préparons la coordination de toutes les forces économiques d'un empire qui a plus de 450 millions d'habitants, le plus grand empire du monde. »

Pour se défendre contre des concurrences variées les Anglais ont organisé les *industries-clés* (the key industries) ; c'est une forme de protection. Ils ont appelé ces mesures *clauses de sauvegarde* ou *clauses d'encouragement à l'industrie* pour ne pas reprendre le mot « protection ». Il s'agit, en somme, de maintenir les industries dont l'existence a une importance primordiale pour le pays. Il y a une vingtaine d'industries, par exemple les industries chimiques, qui avaient déperî en Angleterre et qui, au contraire, en Allemagne avaient pris une grande importance.

Mais on a beau déguiser les idées sous des formules nouvelles, l'Angleterre évolue nettement vers le protectionnisme. Par exemple, l'industrie cotonnière devient protectionniste parce qu'elle a constaté que l'Europe centrale cherche à développer ses industries textiles. Ce développement est aussi considérable en Chine, au Japon, au Brésil, etc... Pour tourner la difficulté, l'Angleterre se spécialise dans la fabrication des fils fins en laissant les étoffes grossières à la fabrication de pays qui travaillent peut-être moins bien que les Anglais, mais à meilleur marché. Les articles courants sont abandonnés, et Manchester s'est spécialisé dans la fabrication des produits fins.

Les Dominions poussent d'ailleurs l'Angleterre dans la voie de la protection. La plus grande des colonies, les Indes, a maintenant un parlement, et ce parlement vient de voter des mesures protectionnistes. Il a établi des barrières douanières, en accordant un

régime préférentiel aux Anglais. Mais il veut affermir son indépendance en matière économique et douanière.

Le Canada a sa représentation diplomatique. Il y a maintenant un ministre du Canada à Paris. L'Etat libre d'Irlande a aussi sa politique de protection particulière. La création d'un grand empire aurait été peut-être plus facile dans les dernières années du XIX^e siècle. A ce moment-là, on ne prévoyait pas la guerre, et elle a considérablement compliqué la situation commerciale de l'Angleterre qui est dominée par un fait primordial ; l'Angleterre ne nourrit pas même le cinquième de sa population ! Elle achète au dehors 90 % des céréales dont elle a besoin, et les Anglais ne sont pourtant pas de grands mangeurs de pain ! Ils ont abandonné une culture qui n'était pas d'un rapport suffisant, et ils ont préféré l'élevage du bétail. Mais on ne peut vivre uniquement de viande ! 67 % du beurre et du fromage vient aujourd'hui du dehors, principalement du Danemark et un peu de la Normandie et de la Hollande. Presque tout le sucre vient de l'étranger. Il y a là, pour les Anglais, des problèmes dont l'importance est grande, on peut même dire vitale.

Il s'agit, en effet, de vivre : « *primo vivere*. Il faut, puisqu'on ne peut vivre sur le pays, se procurer l'argent nécessaire pour acheter toutes ces denrées alimentaires. Or la balance commerciale est très mauvaise, et l'écart entre les importations et les exportations est considérable. C'est pourquoi la tendance de la politique anglaise reste forcément orientée vers les idées de défense et de protection.

* * *

L'Allemagne est aussi un pays très intéressant à observer.

Jusqu'en 1870, l'Allemagne inclinait vers le libre échange. Bismarck, à ce moment-là, s'était montré sympathique aux idées de liberté. Sous l'influence du traité franco-anglais de 1860, l'Allemagne avait conclu des arrangements libéraux avec d'autres pays. Mais ensuite cela a bien changé ; la victoire militaire n'a pas donné aux Allemands, au point de vue économique, les succès qu'ils espé-

raient. Pendant les six ou sept années qui ont suivi les victoires de 1870, ils ont passé par une crise très grave.

Un économiste de cette époque, le professeur Œchelhauser, disait : « Nous avons fait un si mauvais emploi des 5 milliards que la France nous a donnés, que, si elle nous en avait donné 10 au lieu de 5, nous serions sans doute devenus des mendiants. Les cinq milliards ont été très mal employés ; si bien qu'en 1875, lorsqu'eut lieu une exposition universelle à Philadelphie, les Allemands, qui avaient été sollicités par les Américains d'y prendre part, n'envoyèrent rien d'intéressant. Le professeur Reulleaux disait dans son rapport : « Notre section allemande n'était pas brillante, nous n'avons su envoyer que quelques spécimens de canons Krupp, qui se dressaient comme menace guerrière au milieu des produits pacifiques envoyés par les autres nations ». C'était la preuve d'une mauvaise organisation.

Bismarck changea son fusil d'épaule. Les élections de 1878 lui donnèrent une majorité docile. Il lui fit voter le tarif de 1879, acheminement vers la protection.

Les industriels, se sentant soutenus, s'organisèrent beaucoup plus fortement. La nation s'est industrialisée avec une méthode qu'on ne peut méconnaître. De puissants cartels se sont formés. Moins individualistes que nos industriels français, les industriels allemands ont eu le sentiment de l'importance qu'avait pour l'avenir *l'effort commun*.

A partir de 1880, l'Allemagne a fait de la protection. C'est pour cela qu'après pas mal de vicissitudes, le pays étant encombré, le général de Caprivi entra dans la voie des traités de commerce, et le Prince de Bülow s'est ensuite habilement comporté. Le tarif de 1902 a duré jusqu'en 1925. Jusqu'à ce moment, l'Allemagne a vécu sous un régime de protection tempéré par des traités de commerce, conclus de façon qu'elle n'ait pas à souffrir, par contre-coup, de la disposition de l'article 11 du traité de Francfort, impliquant la clause de la nation la plus favorisée. Nous pouvions sans doute invoquer cette clause : elle était réciproque, mais, grâce à d'adroites spécialisations, l'Allemagne en a profité mieux que nous. Si bien que le mouvement d'affaires entre la France et l'Allemagne, dans les

sept ou huit années qui ont précédé la guerre, s'était dessiné en faveur de l'Allemagne. L'Allemagne nous vendait plus que nous ne lui vendions. L'écart était de près de 300 millions de francs.

La guerre éclate : Il s'agit maintenant de changer la clause de la nation la plus favorisée et de démolir le traité de Francfort. Nous exigeons de l'Allemagne qu'elle accorde à tous les alliés, la clause de la nation la plus favorisée, sans réciprocité. Chacun des alliés pourra l'invoquer. Les Allemands ne pourront le faire. Nous avions le sentiment que l'Allemagne était disposée à faire des conditions favorables aux peuples qui l'avaient aidée pendant la guerre, les pays Scandinaves, la Suède, la Hollande, l'Espagne,

Mais on s'est fait beaucoup d'illusion, en 1919, en supposant qu'au bout de 5 ans, l'Europe serait rétablie. Le 10 janvier 1925, à la date où expirait le délai, l'Allemagne s'est retrouvée complètement libre dans sa politique commerciale. Combien il eût été désirable qu'avant cette date on eût conclu un traité de commerce avec les Allemands ! C'était malheureusement très difficile, à cause des fluctuations du franc, Nous étions toujours sous le régime du vieux tarif de 1892, révisé modestement en 1910, et ce vieux tarif n'était plus au point : les classifications étaient surannées. L'Allemagne a dit : « Nous ne pouvons pas traiter avec vous : votre franc se déprécie constamment. » Et elle s'est empressée, après le rétablissement du mark-or, de faire un nouveau tarif à tendance protectionniste, qui a été voté le 17 août 1925, avec des droits très élevés. Nous votons des droits très élevés, a-t-on dit, afin de donner des instruments aux négociateurs des traités, car nous accorderons aux différents pays, suivant leur degré de bienveillance à notre endroit, des dérogations, allant même jusqu'à l'exonération totale. Mais il faut que nos négociateurs aient une arme entre les mains. C'est ainsi que, dans ce tarif, nous voyons des droits très élevés sur les blés venus du dehors, pour plaire aux agriculteurs qui ne vendent pas leur blé assez cher ; des droits sur les viandes étrangères, sur les conserves venues d'Amérique, sur les fruits, sur les produits maraîchers, sur les produits mécaniques, sur les machines à écrire, sur la quincaillerie, sur les automobiles, sur les produits de l'industrie textile, etc...

Derrière ce tarif élevé, l'Allemagne est entrée dans la voie des traités de commerce. Son grand désir est de reprendre des relations avec le reste du monde. L'Allemagne, où les prix de revient sont élevés, est, au point de vue de sa balance commerciale, dans une situation difficile. Elle n'a pas bénéficié autant qu'elle l'espérait de la clause de la nation la plus favorisée qu'elle a accordée, dans la plupart de ses traités, aux autres pays. Nous avons obtenu quelques délais, et finalement, depuis le 15 avril 1928, l'Allemagne possède, bien qu'il y ait eu au début quelques réserves, la clause de la nation la plus favorisée d'une façon presque totale. Il y a bien encore quelques petites réserves au point de vue des contingentements ; mais aujourd'hui nous sommes en présence d'une Allemagne dont le grand désir est de reprendre des relations commerciales avec le reste du monde.

La mauvaise balance commerciale tient à des raisons très nombreuses. Elle s'explique par ce fait que l'Allemagne veut :

1^o Reconstituer ses stocks : elle est convaincue, à tort ou à raison, qu'il faut qu'un grand pays comme l'Allemagne, en prévision de conflits possibles, ou d'ouvertures qui pourront se faire dans les barrières douanières, ait immédiatement des stocks disponibles pour les faire passer à l'étranger, principalement dans les pays du levant, où elle espère conquérir une situation prépondérante.

2^o L'Allemagne a acheté beaucoup de matières premières à l'étranger pour fabriquer ses stocks ; elle y était obligée ; elle a donc fait beaucoup d'acquisitions de matières premières, et, ayant voulu surproduire, elle a un chiffre d'importations très élevé. Elle reprend ses idées d'expansion avec une ardeur prodigieuse. Elle se déciderait même, au besoin, à faire des sacrifices d'argent. Elle voit que l'Europe centrale a quelque peine à s'organiser et elle s'offre à l'aider. Elle offre des crédits même à la Russie. Elle offre de fournir des ingénieurs, des contre-maîtres, des directeurs de toute espèce, dans les conditions les plus avantageuses.

(à suivre.)

SERVICE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES TECHNIQUES.

MESURES DE TRANSMISSION

sur des circuits aériers,

par P. MOCQUARD,
ingénieur des Postes et Télégraphes.

I. CARACTÉRISTIQUES DE TRANSMISSION DES CIRCUITS EN FIL DE CUIVRE DE 3^{mm} DE DIAMÈTRE. (ARMEMENT EN DIAGONALE A 40^{cm}.)

Le Service d'études et de recherches techniques a effectué récemment des mesures sur le groupe, constitué par les circuits en fil de cuivre de 3 millimètres de diamètre, Paris—le Havre nos 11 et 12 (armement en diagonale à 40 centimètres), pris entre les guérites de Mantes-station et Meulan (côté de Mantes). La température moyenne était de 20° et le temps était sec.

Mode opératoire. — Dans le but d'éviter l'emploi de ponts de montages différents, on a effectué, à toutes les fréquences échelonnées de 200 en 200, depuis 200 jusqu'à 3000 p.p.s., une mesure d'impédance en circuit bouclé : Z_b , et une seconde mesure d'impédance Z_R , l'extrémité du circuit étant bouclée sur une résistance R , telle que Z_R ait, comme Z_b , une composante imaginaire positive. La résis-

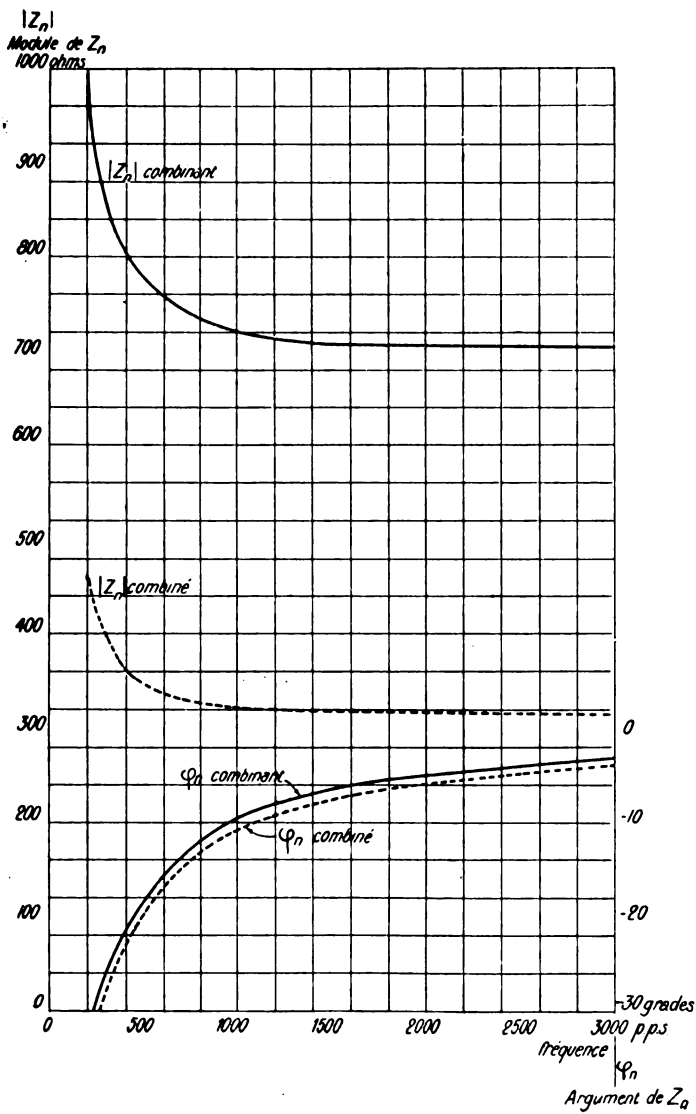


Fig. 1. — Impédance caractéristique $|Z_n| \sqrt{f_n}$ des circuits en fil de cuivre de 3^{mm} de diamètre.

(Armement en diagonale à 40°. Température moyenne : 20°; temps sec.)

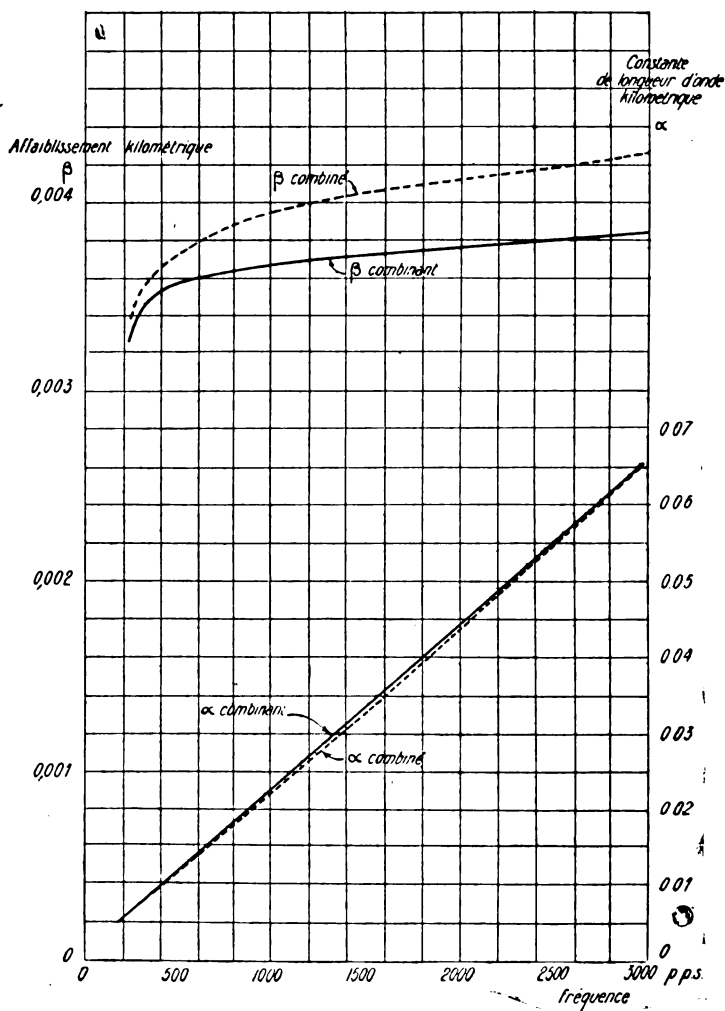


Fig. 2. — Constante de propagation kilométrique $\beta + j\alpha$ des circuits en fil de cuivre de 3^{mm} de diamètre.
(Armement en diagonale à 40°. Température moyenne : 20°; temps sec.)

tance R a été choisie égale à 400 ohms pour le combinant et à 200 ohms pour le combiné.

Dans ces conditions, les formules qui permettent de calculer, à l'aide de Z_b et Z_R , l'impédance caractéristique Z_n et la constante de propagation γl , sont les suivantes :

$$Z_n = \sqrt{\frac{R Z_b Z_R}{R + Z_b - Z_R}},$$

$$\text{th } \gamma l = \text{th } (\beta + j\alpha) l = \frac{Z_b}{Z_n}.$$

Les valeurs du module $|Z_n|$ et de l'argument φ_n de l'impédance caractéristique, ainsi que celles de l'affaiblissement kilométrique β et de la constante de longueur d'onde α , déduites, à l'aide de ces formules, des impédances mesurées, sont rassemblées dans les tableaux suivants ; les courbes des figures 1 et 2 permettent de suivre la variation de ces éléments avec la fréquence.

CIRCUIT COMBINANT.

FRÉQUENCE. (périodes par seconde).	IMPÉDANCE caractéristique.		CONSTANTE KILOMÉTRIQUE de propagation $\gamma = \beta + j\alpha$.	
	Modules. (ohms)	Arguments. (grades)	Affaiblissement β .	Constante de longueur d'onde α
200	988	—32,39	0,003137	0,005340
400	808	—22,10	0,003530	0,009751
600	761	—16,01	0,003601	0,01402
800	734	—12,23	0,003638	0,01860
1000	725	—9,11	0,003668	0,02279
1200	713	—8,29	0,003689	0,02711.
1400	707,5	—7,13	0,003713	0,03130
1600	707	—6,39	0,003727	0,03590
1800	706	—5,40	0,003744	0,04001
2000	705	—5,19	0,003761	0,04465
2200	705	—4,72	0,003782	0,04887
2400	705	—4,31	0,003795	0,05316
2600	705	—3,91	0,003816	0,05738
2800	705	—3,57	0,003833	0,06194
3000	705	—3,38	0,003850	0,06632

CIRCUIT COMBINÉ.

FRÉQUENCE. (périodes par seconde).	IMPÉDANCE caractéristique.		CONSTANTE KILOMÉTRIQUE de propagation $\gamma = \beta + j\alpha$.	
	Modules. (ohms)	Arguments. (grades)	Affaiblissement β .	Constante de longueur d'onde α .
200	474,5	—33,94	0,003288	0,005461
400	365	—23,52	0,003650	0,009505
600	339,5	—17,05	0,003795	0,01374
800	329	—13,22	0,003864	0,01803
1000	323,5	—11,12	0,003974	0,02230
1200	321	—9,32	0,003994	0,02662
1400	319	—8,21	0,004036	0,03096
1600	317,5	—7,23	0,004063	0,03532
1800	317	—6,53	0,004097	0,03969
2000	316,5	—5,92	0,004125	0,04415
2200	316	—5,41	0,004146	0,04842
2400	315,5	—5,10	0,004173	0,05285
2600	315	—4,64	0,004204	0,05721
2800	315	—4,32	0,004235	0,06156
3000	315	—4 01	0 004271	0 06590

Remarque. — A l'examen des tableaux et courbes ci-jointes, on constate que l'affaiblissement du combiné est supérieur à celui du combinant. Ce fait a déjà été indiqué dans un article publié dans les *Annales des P.T.T.*, de septembre-octobre 1922, par M. Picault, qui l'établissait à l'aide des considérations théoriques.

Constantes primaires linéiques. — On a calculé les constantes primaires kilométriques R, L, G, C , de chacun des circuits aux fréquences 200 et 3000 p.p.s., en utilisant les formules :

$$R + j\omega L = Z_n \gamma,$$

$$G + j\omega C = \frac{\gamma}{Z_n}.$$

On a trouvé les résultats suivants :

CIRCUIT	l (p.p.s.)	R (ohms).	L (henrys).	G (micro-ohms).	C (microfarads).
combinant	200	5,19	0,002165	0,149	0,00498
	3000	5,28	0,002459	0,458	0,00500
combiné.	200	2,55	0,001096	0,123	0,01142
	3000	2,65	0,001092	0,362	0,01112

On voit immédiatement qu'à part la perdite dont on ne peut rien dire, les mesures aux fréquences considérées ayant été faites à des moments différents, la résistance, l'inductance et la capacité restent très sensiblement constantes dans le domaine des fréquences téléphoniques.

Calcul des constantes linéiques. — Nous allons calculer, par les formules usuelles, la résistance, l'inductance et la capacité des circuits et comparer les résultats avec les valeurs déduites des mesures.

a) CIRCUIT COMBINANT. — 1. *Résistance.* — La résistance kilométrique de boucle, en courant continu, d'un circuit en fil de cuivre de 3 millimètres de diamètre est, à 0°, de 4,72 ohms. En admettant un coefficient de température de 0,0039, cette résistance, à 20°, est de 5,09 ohms.

La résistance linéique moyenne déduite des mesures à 200 et à 3000 p.p.s. est donc supérieure d'environ 3 % à la résistance calculée.

2. *Inductance.* — La formule donnant l'inductance d'un circuit est :

$$L^{\text{H km}} = 10^{-4} \left(4 \log \frac{d}{r} + 1 \right), \quad (1)$$

d étant la distance des deux fils et r leur rayon. Dans le cas du combinant, $d = 400 \times \sqrt{2} = 566 \text{ mm}$, d'où $L = 0^{\text{H}},002173$, soit, à moins de 0,5 % près, la valeur moyenne déduite des mesures.

3. *Capacité.* — La formule donnant la capacité d'un circuit est :

$$C^{\mu\text{F/km}} = \frac{1}{9 \times 4 \log \frac{d}{r}}, \quad (2)$$

où d et r ont la même signification que précédemment, d'où :

$$C = 0^{\mu\text{F}},00468.$$

La capacité moyenne déduite des mesures est donc d'environ 6,6 p. 100 supérieure à la capacité calculée; ce fait est très vraisemblablement dû à la présence des autres fils de la nappe et des isolateurs.

b) CIRCUIT COMBINÉ. — 1. *Résistance.* — La résistance en courant continu à 20° est évidemment la moitié de celle du combinant, soit 2,545 ohms. La résistance linéique moyenne déduite des mesures est donc supérieure d'environ 2,2 % à la résistance calculée.

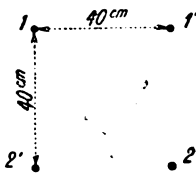


Fig. 3

2. *Inductance.* — Nous utiliserons, pour calculer l'inductance linéique du circuit combiné, la formule indiquée par M. Picault dans l'article cité plus haut. Cette formule est la suivante :

$$L = \frac{1}{2} (L_1 - M_1), \quad (3)$$

où L_1 désigne l'inductance propre du circuit 11' (fig. 3) et M_1 l'inductance mutuelle des deux circuits 11' et 22' :

$$L_1^{\mu\text{H/km}} = 10^{-4} \left(4 \log \frac{d'}{r} + 1 \right), \text{ où } d' = 400\text{mm et } r = 1\text{mm},5 ;$$

$$M_1^{\mu\text{H/k}} = 10^{-4} \times 2 \log 2.$$

On trouve ainsi :

$$L = 0^{\mu\text{H}},1098,$$

soit, à moins de 0,5 % près, la valeur déduite des mesures.

3. *Capacité.* — Nous utiliserons encore une formule indiquée dans le même article pour calculer la capacité linéique du circuit combiné. Cette formule est la suivante :

$$C^{\mu\text{F/km}} = \frac{1}{9 \times 2 \log \frac{d'}{r\sqrt{2}}},$$

où d' et r ont les mêmes significations que précédemment, d'où :

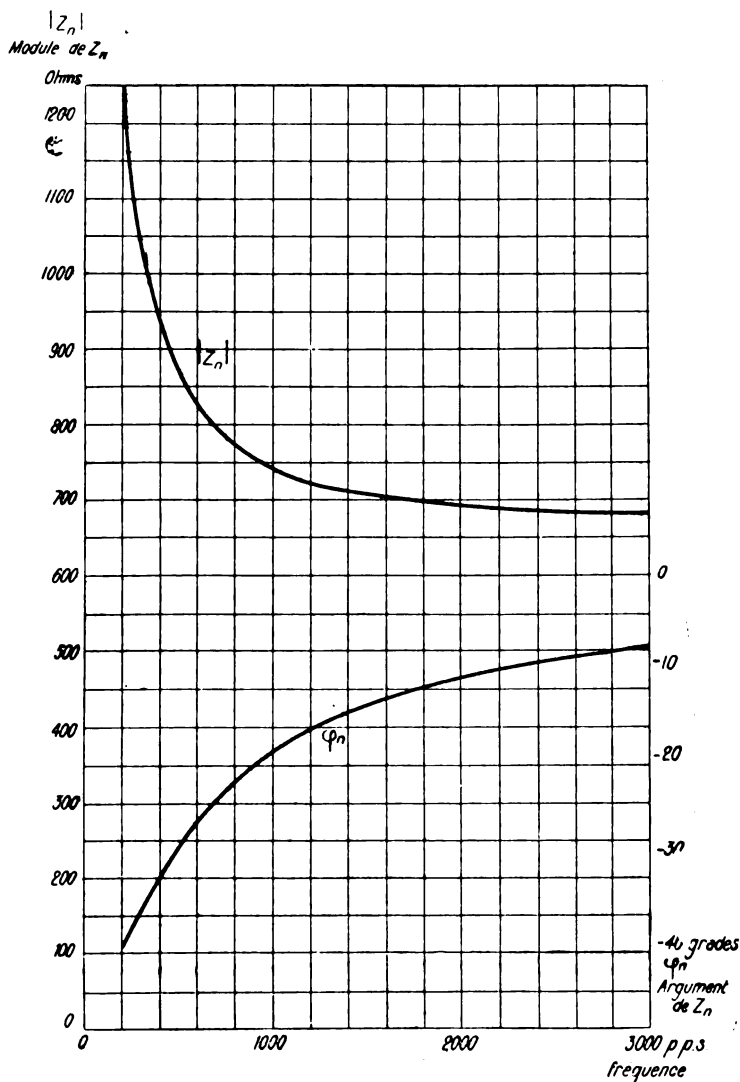


Fig. 4. — Impédance caractéristique $|Z_n|$ c/z_n d'un circuit en fil bimétallique de 3^{mm} de diamètre.

(Armement en diagonale à 30°^m. Température moyenne : 10° ; temps sec.)

$C = 0^{\mu}\text{F},01060$. L , capacité moyenne déduite des mesures, est donc d'environ 6,3 % supérieure à la capacité calculée ; cette

différence est sans doute imputable, comme pour le combinant, à la présence des autres fils de la nappe et des isolateurs.

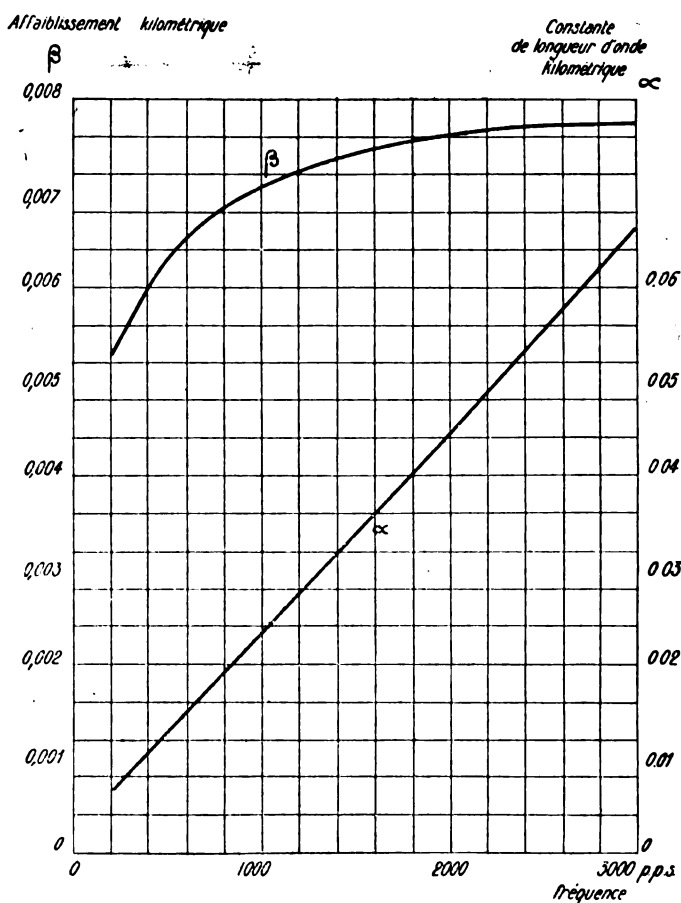


Fig. 5. — Constante de propagation kilométrique $\beta + j\alpha$ d'un circuit en fil bimétallique de 3^m de diamètre.

(Armement en diagonale à 30°. Température moyenne : 10°; temps sec.)

Conclusion. — Il résulte des considérations précédentes qu'on peut calculer, avec une exactitude très suffisante pour les besoins de la pratique, les caractéristiques de transmission (impédance caractéristique et constante de propagation) des circuits aériens en fil de cuivre, à partir des constantes linéiques (résistance, inductance, capacité), calculées à l'aide des formules rappelées plus haut.

II. CARACTÉRISTIQUES DE TRANSMISSION

D'UN CIRCUIT EN FIL BIMÉTALLIQUE DE 3^{mm} DE DIAMÈTRE.(ARMEMENT EN DIAGONALE A 30^{cm}.)

Le service d'études a effectué aussi des mesures sur un circuit en fil bimétallique de 3 millimètres de diamètre le Puy—Langeac (armement en diagonale à 30 centimètres), pris entre la guérite du Puy et le poteau de coupure de Darsac. La température moyenne était de 10° et le temps était sec.

Le mode opération était le même que pour les mesures sur les circuits en fil de cuivre.

FRÉQUENCE. (périodes par seconde).	IMPÉDANCE caractéristique.		CONSTANTE KILOMÉTRIQUE de propagation $\gamma = \beta + j\alpha$.	
	Modules. (ohms)	Arguments. (grades)	Affaiblissement β .	Constante de longueur d'onde α .
200	1250	—39 91	0 00524	0 00620
400	939 8	—32 14	0 00596	0 01069
600	827 6	—26 21	0 00654	0 01483
800	775	—21 89	0 00684	0 01896
1000	744	—18.73	0 00706	0 02321
1200	725 2	—16 33	0 00722	0 02747
1400	713.7	—14,45	0,00737	0,03171
1600	704,8	—12,97	0,00747	0,03605
1800	698,6	—11,75	0,00756	0,04030
2000	693,8	—10,73	0,00762	0,04465
2200	690,3	— 9,86	0,00769	0,04903
2400	687,6	— 9,12	0,00772	0,05335
2600	685,9	— 8,45	0,00775	0,05771
2800	684,6	— 7,89	0,00775	0,06203
3000	682,5	— 7,40	0,00778	0,06646

Les valeurs du module $|Z_n|$ et de l'argument φ_n de l'impédance caractéristique, ainsi que celles de l'affaiblissement kilométrique β et de la constante de longueur d'onde α sont rassemblées dans le tableau suivant ; les courbes des figures 4 et 5 permettent de suivre la variation de ces éléments avec la fréquence.

Constantes primaires linéiques. — On a calculé les constantes primaires kilométriques R , L , C , du circuit ; leurs valeurs aux différentes fréquences sont rassemblées dans le tableau suivant :

FRÉQUENCE. (périodes par seconde)	R . (ohms)	L . (henrys)	C . (microfarads).
200	9,679	0,002423	0,005165
400	9,756	0,002419	0,005190
600	9,873	0,002410	0,005195
800	9,949	0,002397	0,005175
1000	10,034	0,002388	0,005190
1200	10,134	0,002379	0,005195
1400	10,215	0,002372	0,005185
1600	10,303	0,002369	0,005195
1800	10,360	0,002362	0,005190
2000	10,409	0,002360	0,005195
2200	10,464	0,002360	0,005200
2400	10,489	0,002358	0,005200
2600	10,505	0,002358	0,005195
2700	10,515	0,002358	0,005190
3000	10,531	0,002357	0,005200

les courbes de la figure 6 permettent de suivre la variation de ces éléments avec la fréquence.

Calcul des constantes linéiques. — I. *Capacité.* — La capacité, calculée à l'aide de la formule (2), est :

$$C = 0^{\mu}F,004921 \text{ par kilomètre.}$$

La capacité kilométrique déduite des mesures est très sensiblement constante aux différentes fréquences ; sa valeur moyenne est de 0,00519 μ F/km. Elle est donc d'environ 5,5 % supérieure à la capacité calculée. Ce fait est vraisemblablement dû, comme pour les circuits en fil de cuivre, à la présence des autres fils de la nappe et des isolateurs.

2. *Inductance.* — L'inductance, calculée à l'aide de la formule (1), est :

$$L = 0^{\text{H}},002358 \text{ par kilomètre,}$$

soit très sensiblement la valeur résultant des mesures aux fréquences supérieures à 2400 p.p.s..

L'inductance, déduite des mesures, diminue depuis 200 jusqu'à

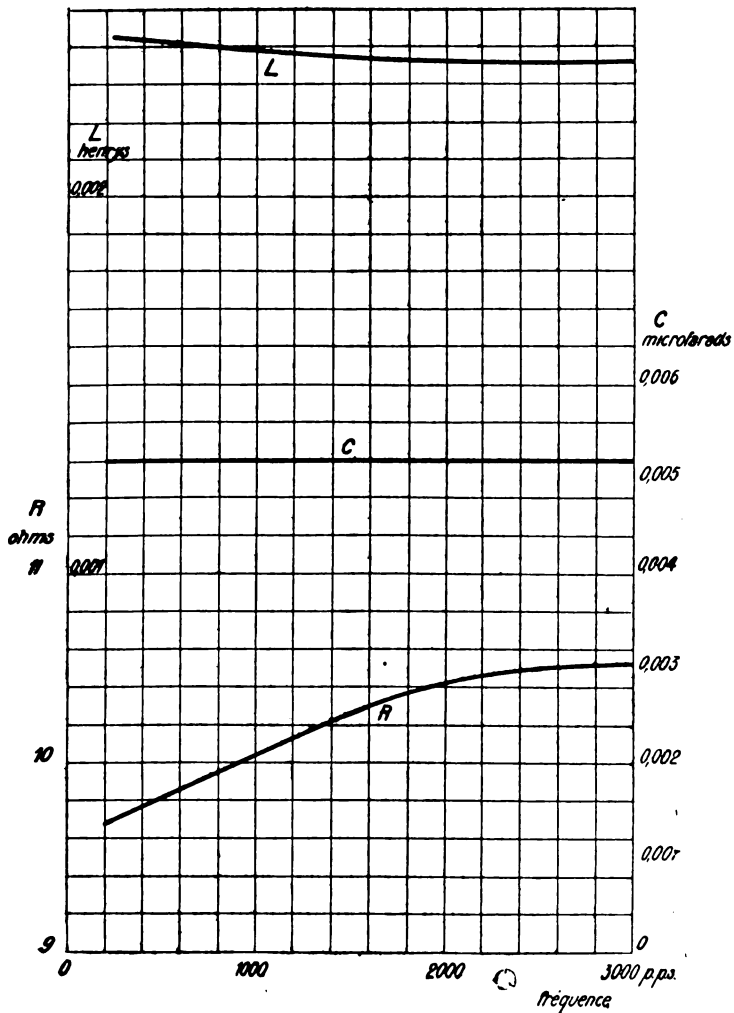


Fig. 6. — Constantes linéiques d'un circuit en fil bimétallique de 3^m de diamètre (Armement en diagonale à 30°. Température moyenne : 16° ; temps sec.)

2400 p.p.s. d'environ 2,8 % et prend à partir de 2400 p.p.s. une valeur constante et sensiblement égale à la valeur calculée.

3. *Résistance.* — La résistance kilométrique de boucle, mesurée en courant continu, était de 9,326 ohms.

La résistance déduite des mesures croît avec la fréquence, pour devenir sensiblement constante vers 3000 p.p.s. Elle est alors supérieure d'environ 13 % à la résistance mesurée en courant continu.

Remarque. — La résistance et l'inductance mesurées aux hautes fréquences restent sensiblement constantes. Il semble logique d'admettre que le courant se propage alors exclusivement dans l'enveloppe extérieure en cuivre du fil bimétallique, ne créant plus aucun champ magnétique dans l'âme d'acier, ce qui fait que la résistance n'augmente plus avec la fréquence.

Un calcul simple permet de se rendre compte de la légitimité de cette hypothèse. En admettant les valeurs suivantes :

résistivité du cuivre : 1,593 microhms-centimètre,

résistivité du fil d'acier : 15,803 microhms-centimètre,

coefficient de température du cuivre et de l'acier : 0,004, on trouve, d'après la valeur de la résistance mesurée en courant continu, que la section de l'âme d'acier est de 0^{cm²},0391 et que celle de la gaine de cuivre est de 0^{cm²},031576.

L'hypothèse que le courant passe exclusivement par la gaine de cuivre conduit donc à une résistance kilométrique de boucle à 10° de :

$2 \times \frac{1,593 \times 1,04 \times 10^5}{0,031576 \times 10^5} = 10,5$ ohms, soit très sensiblement la résistance déduite des mesures aux fréquences supérieures à 2400 p.p.s..

Conclusion. — A part la capacité, les constantes linéiques d'un circuit en fil bimétallique de 3 millimètres de diamètre varient assez rapidement dans le domaine des fréquences téléphoniques. Toutefois, si l'on calcule l'affaiblissement à l'aide de la formule approchée :

$$\beta = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}},$$

qui néglige la perdite en prenant pour R la résistance en courant continu, pour L l'inductance calculée à l'aide de la formule (1),

pour C la capacité calculée à l'aide de la formule (2), majorée de 6 % pour tenir compte de la présence des autres fils de la nappe et des isolateurs, on trouve :

$$\rho = 0,00693,$$

soit une valeur comprise entre l'affaiblissement kilométrique à 800 p.p.s. et l'affaiblissement à 1000 p.p.s.. Cette valeur semble donc représenter assez bien l'affaiblissement correspondant à la fréquence moyenne des courants téléphoniques.

III. CONSTRUCTION D'UN FRÉQUENCEMÈTRE.

Dans le cours des mesures précédentes, on s'est servi d'un appareil permettant de mesurer les fréquences de 200 à 3000 p.p.s. avec une précision suffisante, appareil portatif de volume réduit construit au laboratoire du Service d'études et basé sur le principe suivant.

Principe de l'appareil. — Considérons le montage en pont de la figure 7. L'équation d'équilibre de ce pont est :

$$a \left(\frac{1}{R_1} + j\omega C \right) = \frac{2a}{R_2 + \frac{1}{j\omega C}},$$

ou :

$$\left(\frac{1}{R_1} + j\omega C \right) \left(R_2 + \frac{1}{j\omega C} \right) = 2,$$

d'où les deux équations :

$$\begin{cases} \frac{R_2}{R_1} = 1, \\ \omega^2 C^2 R_1 R_2 = 1. \end{cases} \quad (1)$$

La première des équations (1) nous donne :

$$R_1 = R_2 = R.$$

En portant cette valeur dans la seconde équation, il vient :

$$\omega = \frac{1}{CR}. \quad (2)$$

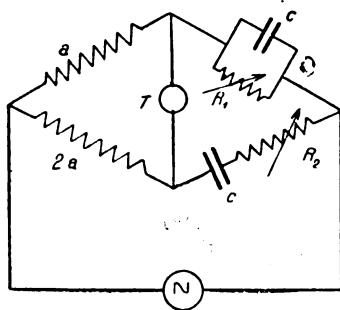


Fig. 7.

Si l'on s'arrange de façon que l'équation : $R_1 = R_2$ soit toujours satisfaite (deux résistances commandées par les mêmes commutateurs), on obtiendra l'équilibre au moyen d'un seul réglage.

Il est à remarquer qu'en divisant les résistances R_1 et R_2 en fractions montées en parallèle, on pourrait lire directement les fréquences ou les pulsations. On ne s'est toutefois pas arrêté à cette disposition, car elle conduit à des résistances très élevées ; d'autre part, les éléments entrant dans la constitution du montage sont susceptibles de varier avec le temps, et l'on a préféré déduire la fréquence de la lecture de R , ce qui permet de réétalonner facilement l'appareil.

Réalisation de l'appareil. — Les deux résistances a et $2a$ sont constituées par des résistances non inductives de 500 et 1000

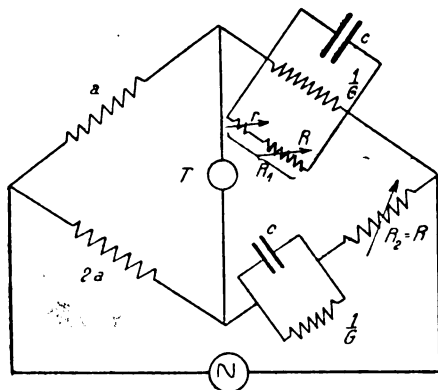


Fig. 8.

ohms ; la résistance $2a$ a été ajustée très exactement à une valeur double de celle de a .

Les deux capacités C sont constituées par des condensateurs au mica d'environ $1/10$ de microfarad ; on les a rendues très exactement égales l'une à l'autre en montant en parallèle avec la plus faible un condensateur d'appoint au mica. Dans ces conditions, d'après l'équation (2), pour la fréquence 200 p.p.s., R sera égal à environ 8000 ohms ; et pour 3000 p.p.s., à environ 530 ohms.

Les deux résistances R sont constituées par des résistances variant de 0 à 11.110 ohms en quatre cadrans, le premier pour les milliers, le second pour les centaines, le troisième pour les dizaines, le quatrième pour les unités ; des commutateurs spéciaux permettent de régler simultanément ces deux résistances par valeurs égales (fig. 9).

Influence de la perte des capacités. — Dans l'établissement de la condition d'équilibre, nous avons supposé que les deux capacités C sont sans perte. Considérons maintenant le cas où la

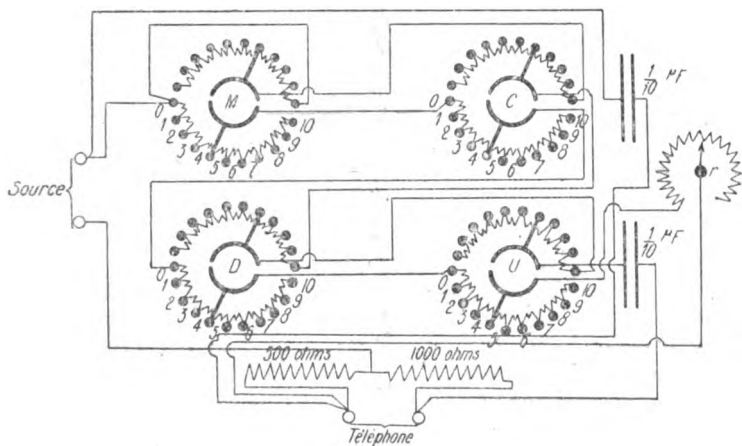


Fig. 9

perte de ces capacités n'est pas négligeable ; ces deux capacités étant égales et de même construction, on peut admettre que leurs pertes sont égales à G . Dans ces conditions, l'équation d'équi-

libre du pont de la figure 8, est, en posant : $\frac{1}{R_1} = \gamma$:

$$a(\gamma + G + j\omega C) = \frac{2a}{R_2 + \frac{1}{G + j\omega C}},$$

ou :

$$(\gamma + G + j\omega C) [R_2 (G + j\omega C) + 1] = 2(G + j\omega C),$$

d'où les équations :

$$\begin{cases} (\gamma + G)(R_2 G + 1) - \omega^2 C^2 R_2 = 2G, \\ R_2 G + 1 + R_2(\gamma + G) = 2. \end{cases} \quad (3)$$

De la seconde équation (3), on tire, en remplaçant γ par $\frac{1}{R_1}$:

$$2G = \frac{R_1 - R_2}{R_1 R_2}. \quad (4)$$

Si $G = 0$, on retrouve bien la condition : $R_1 = R_2$. Portant cette valeur de G dans la première équation, il vient :

$$(R_1 + R_2)(3R_1 - R_2) - 4R_1(R_1 - R_2) = 4\omega^2 C^2 R_1^2 R_2^2,$$

ou :

$$-R_1^2 + 6R_1 R_2 - R_2^2 = 4\omega^2 C^2 R_1^2 R_2^2.$$

Posons : $R_1 = R_2(1 + \varepsilon)$;

il vient, en négligeant les termes en ε^2 :

$$\omega = \frac{1}{CR_2} \sqrt{\frac{1 + \varepsilon}{1 + 2\varepsilon}},$$

ou sensiblement :

$$\omega = \frac{1}{CR_2} \left(1 - \frac{1}{2} \varepsilon\right). \quad (5)$$

La quantité : $\varepsilon = \frac{R_1 - R_2}{R_2}$ est égale, d'après (4), à $2GR_1$.

Comme, d'autre part, R_1 est sensiblement égal à : $\frac{1}{C\omega}$, on aura très approximativement :

$$\varepsilon = \frac{2G}{C\omega}.]$$

Pour une capacité au mica, $\frac{G}{C\omega}$ est pratiquement constant dans le domaine de 200 à 3000 p.p.s. ; ε sera donc constant, et, d'après (5), la fréquence sera donnée par une relation de la forme :

$$f = \frac{k}{R_2}. \quad (6)$$

En fait, on a trouvé que ε est de l'ordre de $1/200$, ce qui justifie l'approximation que nous avons faite plus haut en négligeant les termes en ε^2 .

On a ainsi été amené à ajouter, en série avec la résistance constituant R_1 , un rhéostat d'une cinquantaine d'ohms qui sert à parfaire le réglage.

Étalonnage. — On a déterminé la constante k de l'appareil en cherchant les valeurs de R_s correspondant à l'équilibre pour des courants dont la fréquence a été réglée à 400, 800, 1200, 1600, 2400 p.p.s., par battements acoustiques avec des diapasons étalonnés et garantis exacts à $\frac{1}{10.000}$ près. Les valeurs trouvées sont les suivantes :

f	R_s	k
400	3922	$1568,8 \times 10^3,$
800	1963	$1570,4 \times 10^3,$
1200	1308	$1569,6 \times 10^3,$
1600	982	$1571,2 \times 10^3,$
2400	683,5	$1569,1 \times 10^3.$

La moyenne des valeurs de k est de 1569,82 ; on a adopté comme constante de l'appareil : 1570.

Schéma de câblage. Encombrement. Poids. — Le schéma de câblage de l'appareil est indiqué sur la figure 9. La figure 10 repré-

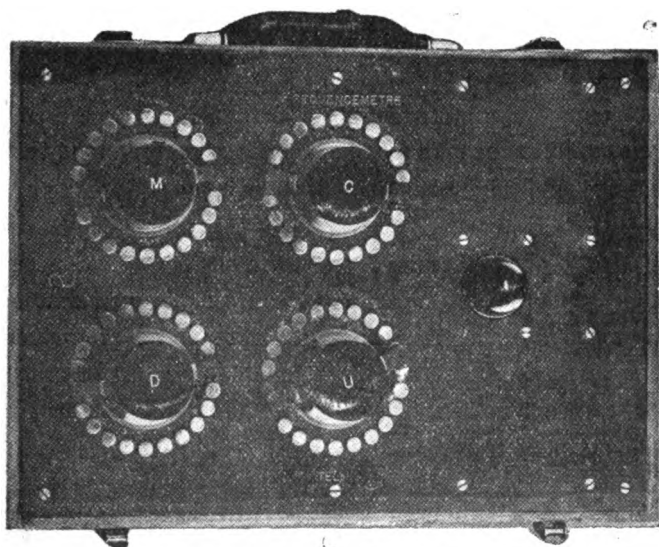


Fig. 10.

sente une photographie du fréquencesmètre réalisé sous forme de boîte portable. Les dimensions de cette boîte sont : $42^{\text{cm}} \times 30^{\text{cm}} \times 21^{\text{cm}}$; son poids est d'environ 11 kilogrammes.

EMPLOI DU PLAN DE JONCTION
pour la localisation des dérangements
sur les câbles à grande distance équilibrés par croisements,
par P. PRACHE,
ingénieur des Postes et Télégraphes.

Sauf dans le cas, relativement rare, d'une mise à la terre subite de tous les conducteurs, les défauts d'isolement qui affectent les câbles à grande distance sont tout d'abord localisés par des mesures de boucle (Murray et Varley) exécutées entre stations de relais consécutives. Ces mesures portent donc sur des distances allant de 70 à 120 kilomètres. Par suite des différences de température entre les différentes régions traversées par le câble et des irrégularités de résistance des conducteurs du câble et des enroulements des bobines, on ne peut localiser le défaut par cette méthode qu'à cent mètres près environ. Ceci correspond d'ailleurs à une précision de l'ordre du millième, ce qui est déjà très remarquable pour des essais de cette nature et dépasse de beaucoup la précision de toute autre méthode connue.

Dans le cas où l'emplacement du défaut ne peut être repéré immédiatement par des marques apparentes dans le voisinage du point de localisation (trace de fouille récente, tassement de terrain, etc...), il est donc nécessaire d'ouvrir les deux joints situés à l'extrémité de la longueur comprenant le défaut et de procéder entre ces deux points à de nouveaux essais de boucle, qui donnent cette fois l'emplacement exact. Mais une difficulté se présente alors : les longueurs de fabrication étant d'environ 200 mètres, on ne peut, d'après ce que nous venons de voir, connaître avec certitude, d'après les mesures entre stations, la longueur qui comprend le défaut. Il est donc particulièrement désirable de pouvoir obtenir par une autre méthode une confirmation de ces mesures.

Plan de jonction. — On sait que, d'après le principe même de l'équilibrage par croisements, l'ordre de succession des quartes dans le câble est complètement modifié à chaque épissure, en vue d'éliminer, en particulier, l'effet des déséquilibres entre quartes. Les ingénieurs chargés de l'équilibrage établissent, à l'achèvement des travaux, un plan de jonction qui permet de connaître la position de toutes les quartes dans chaque longueur.

Ce plan, qui comporte une feuille par section de pupinisation, se présente sous forme d'un tableau à double entrée. Dans la première colonne de gauche, les quartes sont numérotées d'après leur position sur les têtes de câble. Dans les huit colonnes suivantes, ces mêmes quartes sont numérotées d'après leur position à l'intérieur du câble dans chacune des huit longueurs composant la section de pupinisation.

A cet effet, les quartes sont comptées sur chaque couche en partant d'une quarte pilote teintée de manière distinctive, les couches étant prises successivement en partant du centre du câble (fig. 1 et 2).

D'après le plan ci-dessous, par exemple, la quarte 1 de la tête de câble est raccordée successivement à la quarte 5 du câble dans la longueur 1, à la quarte 2 dans la longueur 2, à la quarte 4 dans la longueur 3, et ainsi de suite.

PLAN DE JONCTION D'UN CÂBLE A 7 QUARTES
ENTRE LES CHAMBRES PUPIN 8 ET 9.

N° de la quarte sur la tête de câble.	POSITION DE LA QUARTE DANS LE CÂBLE.									
	Chambre Pupin 8	Longueur 1.	Longueur 2.	Longueur 3.	Longueur 4.	Longueur 5.	Longueur 6.	Longueur 7.	Longueur 8.	Chambre Pupin 9.
1		5	2	4	6	1	4	3	1	
2		1	6	7	2	7	1	4	5	
3		4	3	1	7	2	3	6	3	
4		7	5	2	5	6	7	5	4	
5		2	1	6	3	4	5	2	7	
6		3	7	5	4	3	6	1	2	
7		6	4	3	1	5	2	7	6	

Emploi du plan de jonction. — Le plan de jonction est indispensable pour trouver rapidement les quartes sur lesquelles on doit se porter pour la conversation et les mesures lorsque l'on ouvre les épissures. Il permet en outre, en cas de dérangement, de vérifier les résultats obtenus par la méthode de la boucle et de déterminer avec certitude la longueur dans laquelle se trouve le défaut.

Les baisses d'isolement proviennent toujours, en effet, d'une rupture de l'enveloppe de plomb. Dans le cas (le plus général) où la

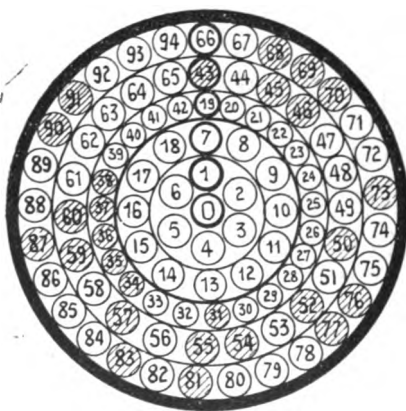


Fig. 1. — Emplacement des quartes malades sur la section 2-3.

Les quartes malades sont indiquées par des hachures ; les quartes pilotes, par un trait fort.

baisse d'isolement n'atteint pas subitement tous les conducteurs, la rupture est de peu d'étendue. L'humidité pénètre dans le câble par un point et n'atteint que les quartes les plus voisines de ce point. Le défaut d'isolement est donc localisé dans une portion bien délimitée de l'intérieur du câble.

La méthode à utiliser, pour la recherche de la longueur qui comprend le défaut, est alors la suivante : Pour chacune des longueurs voisines du point localisé par l'essai de boucle, on reporte, au moyen du plan de jonction, l'emplacement de toutes les quartes malades sur une coupe schématique du câble (fig. 1 et 2). Pour la longueur comprenant le défaut, et pour cette longueur seulement dans les câbles équilibrés par croisements, toutes ces quartes de-

vront, dans chaque couche, se trouver voisines les unes des autres. On peut donc déterminer cette longueur sans ambiguïté.

Remarque. — Dans les câbles comprenant un grand nombre de fils (100 fils environ, pour la plupart des grands câbles interurbains français), la mesure d'isolement de tous les fils est assez longue.

La durée de cette mesure peut être réduite, dans les câbles où tous les circuits sont munis de translateurs. Il suffit, en effet, dans ce cas, d'essayer un seul des fils de la quarte, puisque les trois autres lui sont reliés métalliquement par l'intermédiaire des enroulements

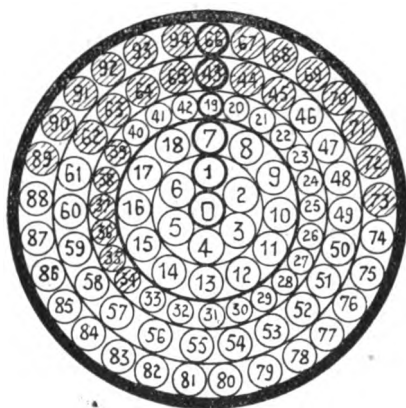


Fig. 2. — Emplacement des quarts malades sur la section 1-2.

Les quarts malades sont indiqués par des hachures; les quarts pilotes, par un trait fort.

de translateurs. Il serait très intéressant de disposer en outre, dans toutes les stations de relais, d'appareils permettant d'exécuter automatiquement cet essai d'isolement par la seule manœuvre d'un commutateur tournant.

Résultats expérimentaux. — La méthode décrite ci-dessus vient d'être utilisée avec succès par le service des lignes souterraines à grande distance pour la réparation du dernier dérangement survenu au câble Paris—Lille.

L'essai de boucle avait permis de localiser le défaut en un point situé sur la longueur 3 d'une section de pupinisation à 25 mètres de l'épissure entre les longueurs 2 et 3. On aurait donc dû, normale-

ment, ouvrir les joints 2-3 et 3-4 en vue de procéder à un nouvel essai de boucle sur la longueur 3. D'autre part, la station de Roye avait relevé l'isolement de toutes les quartes. Les quartes malades furent donc figurées sur les coupes de câble comme nous l'avons indiqué plus haut. Les résultats de cette opération sont reportés sur la figure 1 en ce qui concerne la longueur 3 et sur la figure 2 en ce qui concerne la longueur 2.

L'examen de ces figures montre immédiatement que, contrairement aux premières indications de la mesure de boucle, le dérangement se trouvait sur la longueur 2. Cet essai permit donc de porter son attention dès le début sur la longueur 2 et d'abréger ainsi de plusieurs heures la durée de la réparation. En fait, le défaut fut retrouvé sur cette longueur à 1 mètre du joint 2-3. L'erreur commise sur l'essai de boucle était donc de 26 mètres, ce qui représente encore, comme nous l'avons dit au début, une très bonne précision.

Conclusion. — Contrairement à ce qu'on pourrait croire après examen superficiel de la question, l'équilibrage par croisements n'apporte aucune difficulté nouvelle dans le repérage des quartes lorsqu'on a pris soin d'établir un plan de jonction à l'issue des travaux de pose. Ce plan permet, au contraire, de déterminer très rapidement, après les essais de boucle, la longueur qui comprend le défaut, chose que l'on ne pourrait obtenir avec les épissures directes utilisées, par exemple, dans la méthode des condensateurs. C'est là un avantage non négligeable en faveur de la méthode des croisements adoptée de façon générale par l'administration française.

LE MÉTROPOLITAIN POSTAL DE LONDRES,

par P. CAUFORRIER,
ingénieur des Ponts et Chaussées.⁽¹⁾

Les transports des dépêches et des colis postaux dans l'intérieur de Londres, entre les grandes gares, les bureaux principaux et les bureaux de quartier, s'effectuaient jusqu'ici au moyen de véhicules à chevaux, puis d'automobiles.

L'accroissement continu de l'intensité de la circulation, qui est un phénomène d'ordre général observé dans toutes les grandes villes, donne lieu à Londres à des difficultés peut-être plus grandes qu'à Paris, les rues étant en général plus étroites. La rapidité des transports postaux s'en ressent, et les correspondances risquent de manquer les trains, à moins d'avancer la levée d'une façon inadmissible. Aussi le Post Office britannique avait-il étudié, dès 1909, un mode de liaison des grandes gares et des grands bureaux indépendant de la voie publique, et par là même soustrait aux aléas de la circulation intra-urbaine. La comparaison du tube pneumatique à grande section et du chemin de fer électrique à voie étroite, parcouru par des trains sans personnel, à manœuvre automatique, fit ressortir la supériorité de ce dernier, et la création d'une ligne principale de 10 km sur la rive nord de la Tamise fut décidée, avec embranchements ultérieurs vers le nord, et boucle desservant les grandes gares de la rive sud. Les travaux commencèrent au début de la guerre et l'infrastructure était pratiquement achevée en 1917 : le tunnel servit d'abri aux œuvres d'art jusqu'à l'armistice, et l'exécution de la superstructure ne fut commencée qu'en décembre 1925.

La ligne, qui vient d'être mise en service, présente la particu-

1. Article paru dans *Le Génie civil* du 7 avril 1928.

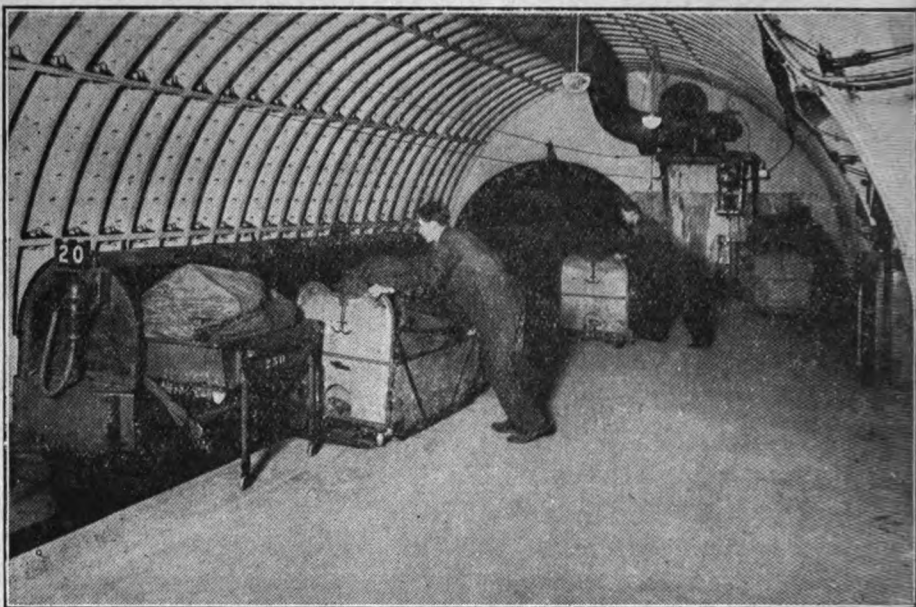


Fig. 1. — Chargement des chariots dans les wagons du train électrique.

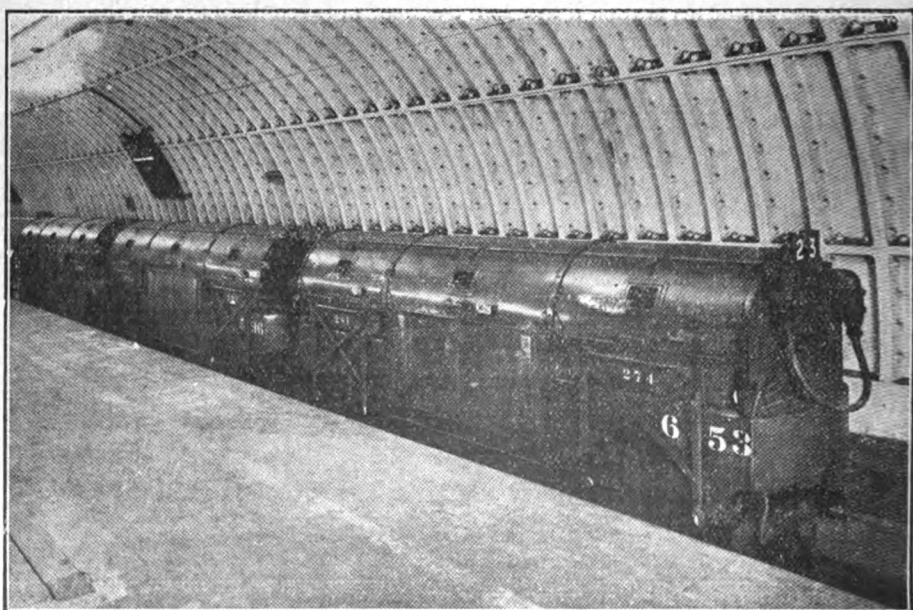


Fig. 2. — Vue d'un train électrique complet.

larité d'être parcourue uniquement par des trains non montés, à traction électrique, commandés à partir d'un poste central.

Description générale. — Tracé et profil. — La ligne, longue de 10500 mètres, dessert de l'ouest à l'est les bureaux Paddington, Ouest-colis, Ouest-postal, Ouest-central, Mount-Pleasant, King-Edward et Est, et les gares Paddington, Broad Street et Liverpool (fig. 3). Le bureau de Mount-Pleasant est situé à environ 1 kilo-

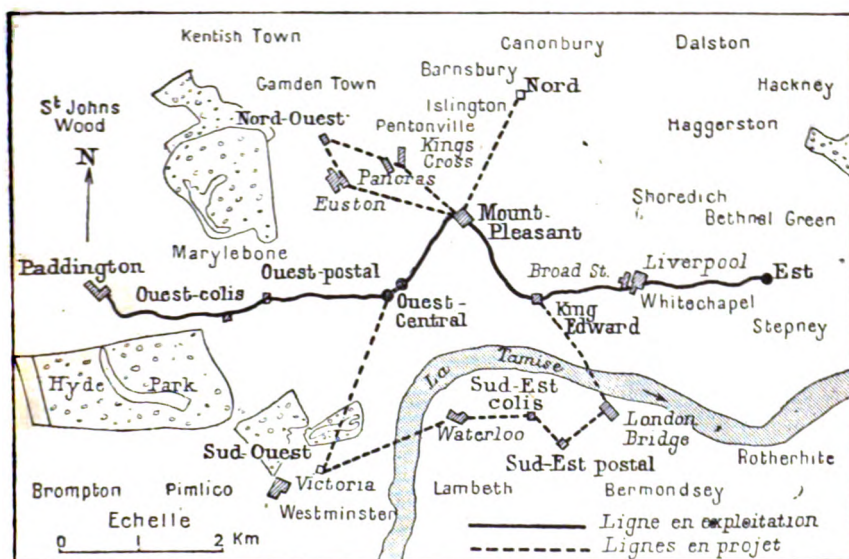


Fig. 3. — Plan montrant le tracé du métropolitain postal de Londres.

mètre des gares Euston, Saint Pancras et King's Cross : une boucle projetée, d'environ 3 kilomètres, desservira ces stations et le bureau Nord-Ouest ; et une ligne simple de 1600 mètres, le bureau Nord. Une ligne de 8 kilomètres, partant d'Ouest-central, desservira le bureau Sud-Ouest et la gare Victoria, puis sur l'autre rive de la Tamise la gare Waterloo, les bureaux Sud-Est-colis, Sud-Est-postal, la gare London-Bridge et retraversera la Tamise pour rejoindre la ligne principale de King-Edward (1).

1. Le tracé d'un réseau analogue, à Paris, devrait comporter deux lignes principales : 1° Saint-Lazare—Hotel des Postes—Bastille—Lyon (Austerlitz) ; 2° Est—Nord—Hôtel des Postes—Orsay—(Invalides)—Montparnasse—Sceaux—Austerlitz) ; la desserte des gares, entre parenthèses, étant facultative.

Les stations sont des points hauts du profil, en sorte que la gravité favorise l'accélération et le freinage : la déclivité ne paraît pas dépasser 25 millimètres, sauf sur le raccordement entre le dépôt et la station de Mount-Pleasant, qui a une pente de 50 millimètres. Le rayon minimum des courbes est 122 mètres.

Profil type ; stations. — La voie de 610 millimètres ayant été adoptée comme se prêtant le mieux à la nature et à l'intensité du trafic à prévoir, le gabarit du matériel roulant et le rayon des courbes commandaient un diamètre intérieur de 2^m,75 pour un tunnel à

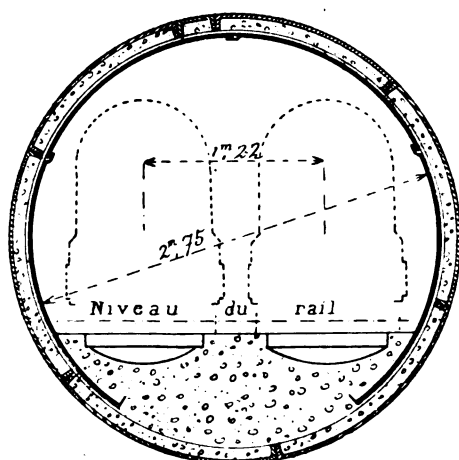


Fig. 4. — Coupe en travers du souterrain.

double voie (fig. 4). Le diamètre extérieur est de 3^m,05 : chaque anneau, de 457 millimètres de longueur, est formé de six segments en fonte et d'un petit segment formant clé. Les nervures sont enrobées dans une couche de béton à 1 de ciment pour 6 de sable et gravier, recouverte d'une tôle de 9^{mm},5 qui constitue la paroi intérieure du tube. Le segment inférieur est rempli de béton à 1 × 8, recouvert d'une couche de béton à 1 × 6, dont la face supérieure est profilée suivant deux caniveaux sous la partie médiane des traverses. Les bifurcations au voisinage des stations, les raccordements et courbes terminales à voie unique sont formés de tubes de même construction, ayant 2^m,13 de diamètre intérieur :

les culottes sont constituées par des tubes de diamètre croissant de 3^m,05 à 7^m,62.

Les stations courantes sont formées chacune de deux tubes de 6^m,84, un pour les trains montants et un pour les trains descendants. Au voisinage de la station, le tube courant se bifurque en deux tubes à voie unique, dont chacun pénètre dans le tube-station avec plan tangent commun vertical. Chaque tube-station comporte une voie de passage et une voie de quai, réunies par des aiguilles aux extré-

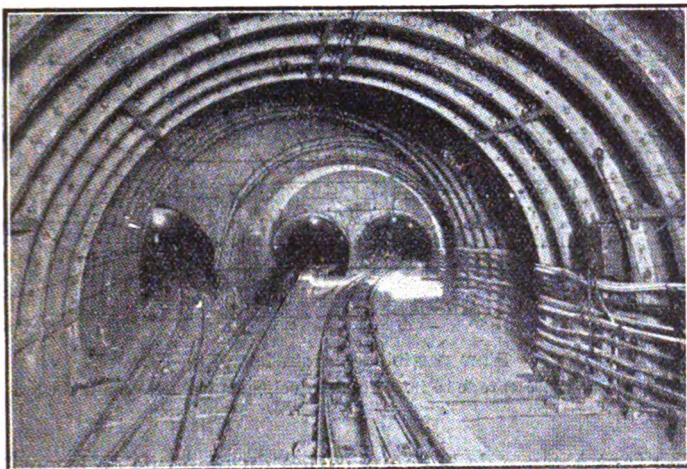


Fig. 5. — Vue prise au cours des travaux, à l'emplacement de la station de Mount-Pleasant.

mités et par une bretelle au milieu, et un quai de 65^m × 3^m,66 : les voies et les quais sont placés sur un plancher en béton armé, et le segment inférieur est utilisé pour loger l'appareillage électrique qui sera décrit plus loin. Les quais sont placés du côté intérieur et communiquent entre eux et avec les puits d'accès par des tubes de 3^m,05. Aux stations Ouest-central, Mount-Pleasant (fig. 5) et King-Edward, le tube-station a 7^m,62 de diamètre, pour réserver la place d'une troisième voie, en vue des raccordements avec les lignes projetées : ces mêmes stations sont munies d'une double boucle permettant le retournement des trains arrivant des deux directions. Les culottes et les départs des

lignes projetées ont été construits en même temps que les stations.

Le sous-sol de Londres est constitué, sur la plus grande partie du tracé, par une couche d'argile de grande épaisseur, où le tube pouvait être placé à un niveau assez bas (20 mètres en moyenne) pour ne nécessiter aucun remaniement d'égouts : la nature de ce sol imposait l'avancement au bouclier, procédé inventé autrefois pour Londres et appliqué à la plupart des tunnels construits sous cette ville. On a rencontré, en certains points, du remblai, des sables bouillants et du gravier aquifère : l'air comprimé n'a cependant été employé qu'exceptionnellement.

L'exécution de la station King-Edward (fig. 6) a été assez

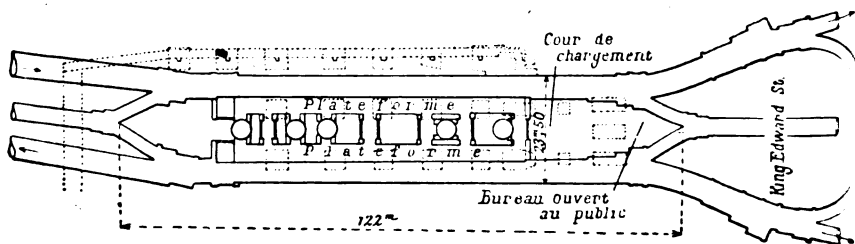


Fig. 6. — Plan partiel de la station King-Edward.

(Le pointillé représente le bâtiment sous lequel la station a été construite.)

difficile : tant à cause de la complication du plan que de la position de la station au dessous d'un bâtiment en béton armé à cinq étages et deux sous-sols (fig. 6), où sont employés plus de 6.000 personnes. Ce bâtiment repose sur des semelles chargées à raison de $4^{\text{kg}},2$ par centimètre carré, dont certaines portent jusqu'à 800 tonnes et ne sont pas à plus de $6^{\text{m}},75$ au dessus du tunnel. La construction des tubes-stations a nécessité l'établissement, sous certaines de ces semelles, d'un élément de tube de 9 mètres de diamètre où devait être monté le bouclier du tube-station : on y est parvenu sans dommage pour les fondations du bâtiment en poussant d'abord au bouclier le tube courant de $2^{\text{m}},745$, autour duquel on a posé à la main, et en l'entretoisant sur le tube jusqu'à la fermeture, un tube de plus grand diamètre, puis en recommençant plusieurs fois la même opération jusqu'à obtention du diamètre définitif.

Les puits ayant servi à la construction de la ligne et des stations

avaient 3^m,66 de côté et 21 mètres de profondeur moyenne : ils étaient placés sur la voie publique ou, lorsque c'était possible, sur des propriétés riveraines. Les puits des stations ont été aménagés pour recevoir les escaliers d'accès, les monte-charges et les toboggans ou descenderies en hélice servant à la manutention des colis.

Voie. — La voie, de 610 millimètres, est en rails de 17^{kg},4 par mètre, fixés par des tirefonds de 19 millimètres sur des traverses en chêne de 1^m,067 × 0^m,178 × 0^m,089 espacées de 1^m,22 (fig. 7) : les extrémités des traverses sont enrobées dans le béton, laissant une portée libre de 788 millimètres, supérieure à l'écartement de la voie, ce qui, joint à une grande portée des rails, donne à la voie

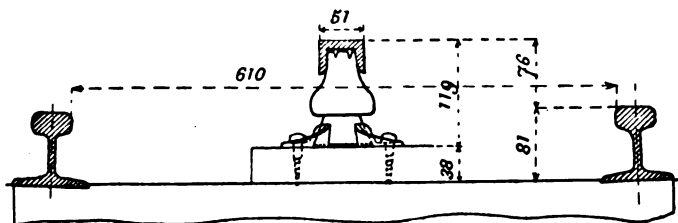


Fig. 7. — Coupe en travers de la voie.

l'élasticité nécessaire à un roulement doux et pas trop bruyant. Un rail de chaque voie est électriquement continu ; l'autre est divisé en sections séparées par une longueur de rail isolé qui sert à établir, par la marche même du train, les circuits de commande des appareils automatiques de manœuvre et de contrôle. Chaque section est reliée au rail continu, à intervalles de 91^m,50, par une connexion transversale en cuivre reliant les quatre rails et le tube métallique, de sorte qu'il n'y a pas de différence de potentiel susceptible de produire des phénomènes d'électrolyse entre le tube et les rails, et que, d'autre part, les différentes sections du rail interrompu concourent avec le rail continu pour former le conducteur de retour, dont la section est complétée par des feeders de retour en cuivre nu.

Le rail de contact est un U de 7^{kg},5, d'une résistance de 2 microhms par mètre, en coupons de 9^m,15 éclissés mécaniquement et électriquement, et supportés, à intervalles de 2^m,44, par des isolateurs en porcelaine dans l'axe de la voie. La continuité électrique est assurée par des câbles de 63 millimètres carrés quand le rail

doit être interrompu mécaniquement, aux croisements par exemple : l'about du rail est abaissé au dessous de son plan, suivant une courbe convexe vers le haut, qui facilite la prise de contact des patins des véhicules. La continuité mécanique est assurée par des éclisses en matière isolante quand le rail est interrompu électriquement pour séparer les sections indépendantes que l'avance du train met successivement sous courant, grâce aux circuits de commande qui comprennent les rails de roulement isolés.

Les aiguilles sont manœuvrées par moteurs électriques, avec transmission à ressort permettant le talonnage.

Transformation et distribution du courant ; machinerie accessoire.

— Le Post Office ne produit pas le courant, mais se le fait fournir alternativement par deux secteurs, par périodes d'un mois, avec dispositif de branchage instantané sur le secteur non-utilisé en cas de défaillance du secteur en service. Le courant triphasé à 11.000 volts, 50 périodes, abaissé à 6.600 volts par trois transformateurs monophasés de 1000^{kVA}, alimente trois sous-stations : Ouest-postal, Mount-Pleasant et Liverpool Street ; la sous-station Mount-Pleasant est située dans un bâtiment à l'air libre, les autres dans le segment inférieur du tube-station correspondant. Chaque sous-station comporte deux jeux de transformateurs et commutatrice : les trois transformateurs monophasés d'un même jeu, de 133^{kVA}, sont couplés en triangle du côté de la haute tension et en étoile hexaphasée du côté de la basse tension ; la commutatrice de 400 kilowatts, autosynchronisatrice, à enroulement shunt, pôles de commutation et moteur de démarrage, fournit le courant continu à 440 volts utilisé pour actionner les trains en marche normale ainsi que les monte-charges, transporteurs à courroie et ventilateurs. Deux moteurs-générateurs de 20 ou de 30 kilowatts, alimentés en continu à 440 volts, fournissent le courant à 150-160 volts utilisé pour l'entrée des trains en gare et les manœuvres dans le dépôt. Deux batteries d'accumulateurs, de 2×12 éléments de 200 ou de 134 ampères-heure, sont alternativement en charge, les deux moitiés en série avec résistance sur le circuit à 150 volts, et, en décharge, les deux moitiés en parallèle, pour alimenter les divers circuits de contrôle sous 24 volts.

Les sacs de dépêches descendent du jour au niveau des stations par toboggans (fig. 8), puis sont transportés à l'entrée des quais par des transporteurs à courroie, au nombre de vingt-et-un, actionnés par des moteurs shunt à une vitesse variable de 10 à 30 mètres à la minute ; ils sont enfin chargés dans les chariots qu'on introduit dans les wagons. Les monte-charges, au nombre de dix-sept, sont utilisés à une vitesse maximum de 60 mètres à la minute, dans les deux sens pour les colis et à la montée seulement pour les dépêches.

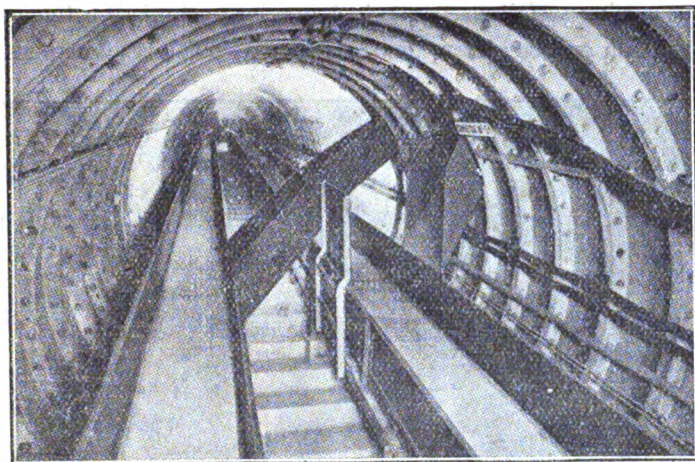


Fig. 8. — Transporteurs pour les sacs de dépêches de la station de Paddington.

Les ventilateurs, au nombre de vingt-cinq, aspirent l'air dans le segment inférieur des tubes-stations, de façon à concourir au refroidissement de l'appareillage électrique, et le rejettent à l'extérieur par des cheminées indépendantes des puits, pour ne pas risquer de vicier l'air des bureaux.

Matériel roulant. — L'exploitation se fait au moyen de trains non montés, de deux ou trois véhicules, tous automoteurs. Ces véhicules sont d'un type unique, étudié pour faciliter le chargement des colis et le remplacement des pièces essentielles. Leurs caractéristiques sont les suivantes :

Longueur hors tampons	4 ^m ,082
Largeur maximum	1 ^m ,067

Hauteur maximum	1 ^m ,513
Empattement	2 ^m ,211
Diamètre des roues	0 ^m ,762
Poids à vide, sans l'équipement électrique ..	1178 ^{kg}
Charge maximum	508 ^{kg}
Puissance des moteurs	2 × 22 ^{ch}
Vitesse en palier	56 ^{km/h}

Le châssis est en fers U ; la caisse, en tôles et cornières rivées ; la suspension se fait par ressorts à boudin portant directement sur les boîtes à graisse ; les roulements sont à rouleaux. Les roues sont



Fig. 9. — Chargement d'un train.

calées à la presse ; puis l'essieu, équipé des roues et de l'engrenage de transmission, est équilibré de façon à pouvoir tourner à 500 tours à la minute sans vibration sensible. La caisse comprend un compartiment central qui occupe toute la hauteur, et deux compartiments extrêmes beaucoup moins hauts, puisque situés au dessus des moteurs. On introduit dans le compartiment central (fig. 1 et 9) un chariot préalablement chargé, occupant tout le vide de ce compartiment : ce chariot, en charpente métallique légère et panneaux en bois contreplaqué, a quatre roues montées comme des roulettes de fauteuil. Les compartiments extrêmes sont occupés par des

chariots entièrement métalliques, ayant la forme d'une caisse plate montée sur quatre pieds à roulettes : deux pieds se replient quand la caisse est glissée à sa place sur le wagon.

Le wagon est équipé de deux moteurs-série de 22 chevaux à

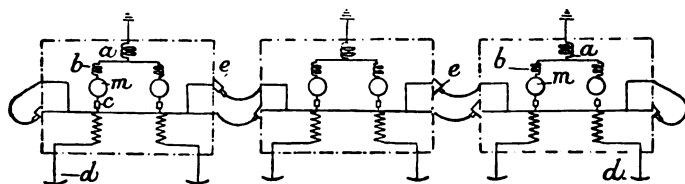


Fig. 10. — Schéma de l'équipement d'un train.

a, électro-aimant du frein ; *b*, enroulements du champ ; *c*, fusibles à 50 ampères, *d*, patins de contact ; *e*, coupleurs ; *m*, moteurs.

440 volts, du type clos, suspendus par le nez et attaquant les essieux par engrenages à chevrons avec réduction de 3/10. Le montage

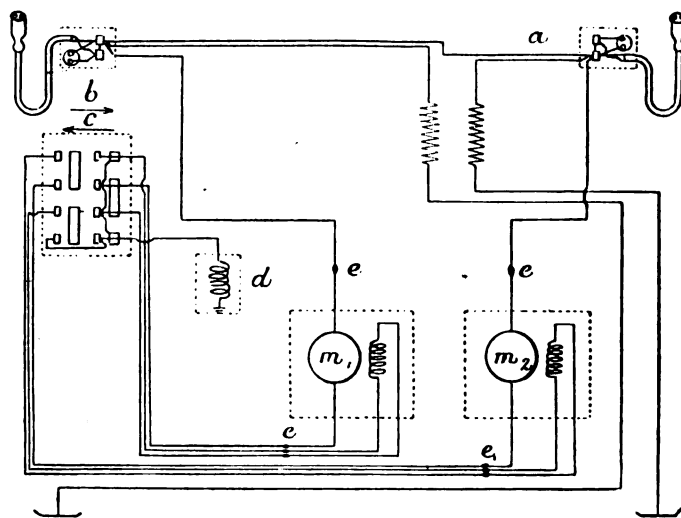


Fig. 11. — Schéma de l'équipement d'un wagon.

a, coupleur ; *b*, *c*, marche en avant et en arrière ; *d*, solénoïde du frein ; *e*, connecteurs ; *m*₁, *m*₂, moteurs.

tout à fait spécial de ces moteurs (fig. 10 et 11) constitue la caractéristique du mode de fonctionnement. Les moteurs sont constamment en parallèle, et chaque moteur est en permanence en série avec une résistance de 70,6 qui limite l'intensité à environ 50 ampères au

démarrage : le courant, venant du patin de contact d'avant, traverse successivement cette résistance, un dispositif de couplage, l'induit du moteur d'avant, l'inverseur commun aux deux moteurs, l'inducteur du moteur d'avant, de nouveau l'inverseur, l'électro-aimant des freins, et va à la masse ; le circuit du moteur d'arrière est semblable. Les freins sont maintenus serrés par des ressorts tant qu'il n'y a pas de courant dans le circuit, et desserrés par l'électro-aimant dès que le courant passe. Le dispositif de couplage met en parallèle tous les moteurs du train, au moyen de câbles flexibles dont les fiches s'enfoncent dans les trous du coupleur du wagon voisin : ce dispositif permet d'isoler un moteur hors de service, et aussi d'alimenter le train par fil aérien dans le dépôt.

La résistance en série avec le moteur en réduit considérablement le rendement, la puissance utilisée par chaque moteur ne dépassant pas 5 à 6 kilowatts. On aurait pu éviter cette perte d'énergie par un dispositif de contacteur shuntant la résistance après un temps ou un parcours donnés, mais on a voulu éviter tout appareillage monté sur le train, comme présentant des risques de non-fonctionnement et impossible à surveiller.

Un train en détresse entre deux stations doit être remorqué jusqu'au dépôt, ce qui se fait au moyen de tracteurs à accumulateurs. Ces véhicules, au nombre de trois, pèsent 7 tonnes et sont équipés de deux moteurs de 25 chevaux à 350 volts et d'une batterie de 163 éléments : ils sont capables de remorquer un train de trois wagons, soit 18 tonnes, sur 10 kilomètres sans recharge, et de faire gravir une rampe de 50 millimètres à un train de 54 tonnes.

Exploitation. — Le problème de la circulation de trains non montés à traction électrique a déjà reçu plusieurs solutions. Sans parler du telphéragé « cross over system », qui remonte à près de quarante ans ⁽¹⁾ et ne s'applique qu'aux lignes aériennes, le *Génie*

1. Ce système comporte une ligne à double voie en câbles à la fois porteurs et conducteurs, supportés par des pylônes en Ω espacés d'environ 40 mètres ; à chaque pylône pair, le câble positif passe de la voie montante à la voie descendante, les deux câbles se croisant sur le pylône, d'où le nom anglais du système. Les trains sont formés d'un nombre impair de bennes analogues à celles des

civil a signalé un chemin de fer à traction par courant triphasé, comportant dans l'axe de la voie une crémaillère en tôles feuilletées, les dents en haut (1). Le châssis des véhicules porte une crémaillère analogue disposée les dents en bas, avec entrefer de l'ordre du centimètre : des enroulements, alimentés en courant triphasé par deux trolleys et le rail, induisent un champ tournant dont la réaction sur la crémaillère fixe produit l'avancement du véhicule à une vitesse voisine du synchronisme, avec glissement proportionnel à la résistance (frottement + air + rampe + accélération). Le système est évidemment applicable aux lignes souterraines, et, la vitesse des trains étant sensiblement constante, tout risque de tamponnement est éliminé, mais les manœuvres en gare paraissent difficilement réalisables.

Ici, la propulsion du train ne constitue qu'une partie du problème : il s'agit d'expédier un train de toute gare pour toute gare, dans des conditions de sécurité absolue en voie courante et en gare. On y est parvenu en faisant commander par le train lui-même la mise sous courant des sections successives du rail de contact ainsi que les signaux de contrôle et les enclenchements empêchant l'expédition intempestive d'un second train. Un dispositif spécial produit l'arrêt du train dans la section d'avant-gare, puis son entrée en gare à vitesse réduite. Le montage réel des divers circuits de manœuvre et de contrôle étant très complexe, nous allons en donner une description schématique, permettant de suivre la marche d'un train.

Disposition générale. — Le rail de contact est divisé en sections isolées : sections courantes, sections d'avant-gare et sections de gare (fig. 12). L'un des rails de roulement est continu, l'autre comporte, au droit de chaque interruption entre deux sections consécutives du rail de contact, une longueur de rail isolée.

transporteurs bicâbles, accouplées par des attelages rigides et isolants : le véhicule médian est moteur, et les bornes du moteur-série sont reliées par câbles isolés aux véhicules extrêmes, dont l'écartement est égal à celui des pylônes, desorte qu'à chaque portée le sens du courant change à la fois dans l'inducteur et dans l'induit du moteur, qui, par suite, tourne toujours dans le même sens.

1. Ce système, essayé à New-Jersey (E.-U.), a été signalé dans le *Genie civil* du 27 décembre 1913 (p. 172).

Les sections courantes du rail de contact peuvent être mises en communication avec le feeder à 440 volts par des contacteurs I_1 , I_2 , etc., qui peuvent être représentés schématiquement par une armature articulée à sa partie inférieure et pouvant occuper deux positions symétriques par rapport à la verticale : dans la position d'arrière par rapport au sens du mouvement du train, la communication est établie ; elle est interrompue dans la position d'avant. On conçoit que le mouvement de cette armature puisse en même temps ouvrir ou fermer des circuits auxiliaires (non représentés sur la figure), relatifs, soit à des enclenchements, soit à des lampes de contrôle. Le mouvement de l'armature est produit par l'attraction d'électros, reliés d'une part aux sections isolées du rail de roulement, d'autre part au feeder à 24 volts alimenté par le pôle négatif de la batterie, dont le pôle positif est relié au rail de roulement continu. Le montant est tel, que la fermeture du circuit par le premier essieu du train passant d'une section à la suivante coupe l'alimentation de la section que le train quitte et établit celle de la section qu'il aborde : l'armature cède à la traction de l'électro-aimant, puis reste en place par son poids.

L'interrupteur de la section de gare est actionné : pour la coupure, par le train passant de la section de gare à la première section courante ; pour la mise sous courant, soit par le bouton de départ manœuvré à la cabine, soit par l'appareillage spécial de la section d'avant-gare.

L'interrupteur I_3 de la section d'avant-gare donne le courant non au rail de contact de cette section, mais à un moteur-shunt actionnant un arbre à cames dont le rôle sera expliqué plus loin.

Toutes les manœuvres sont effectuées par un agent que nous appellerons *pilote* ⁽¹⁾, à partir d'une cabine de manœuvre (fig. 13), située soit au jour soit au fond. Le pilote dispose d'un appareil comportant : à la partie supérieure un plan schématique de la station, équipé de lampes de contrôle qui s'allument et s'éteignent

1. Le terme anglais « switchman », sous lequel l'employé est désigné, et qui peut se traduire par « aiguilleur », ne donne pas une idée exacte des fonctions multiples de cet agent, qui remplit successivement le rôle du chef de gare, de l'aiguilleur, du chef de train et du mécanicien d'un grand réseau.

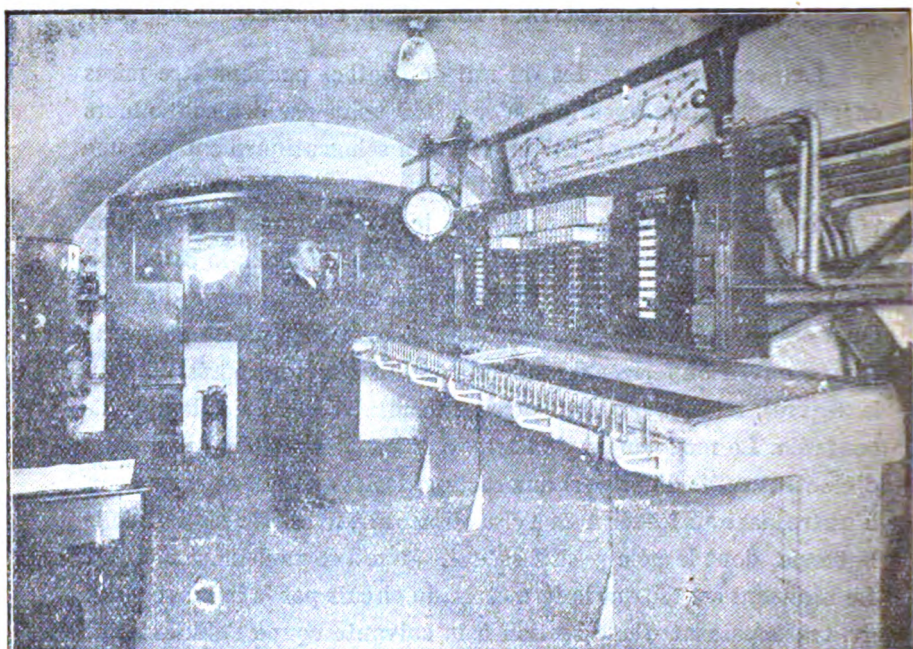


Fig. 13. — Cabine de commande.

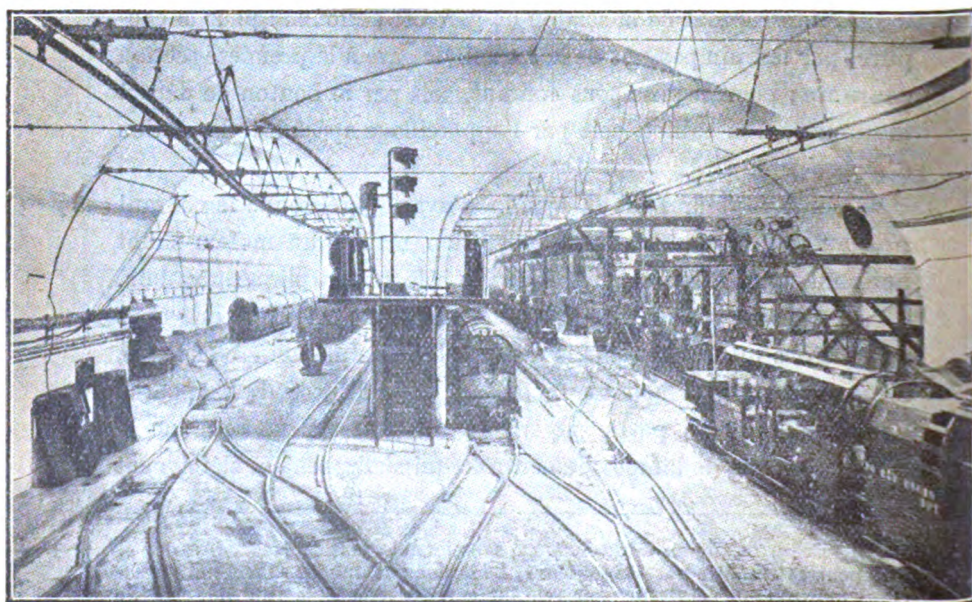


Fig.14. — Dépôt de Mount-Pleasant, avec l'atelier d'entretien à droite.

suivant la position du train ; plus bas, six tableaux : expédition, réception, quai pour chaque direction ; à hauteur de main, des leviers d'aiguilles de la station. Les tableaux sont divisés de haut en bas en bandes horizontales, correspondant aux stations dans leur ordre, chaque bande présentant, en nombre et en ordre convenables, des boutons de manœuvre et des lampes de contrôle.

Marche d'un train. — Soient A,B,C,... les stations dans le sens montant, et supposons qu'un train chargé à B doive être expédié à E sans arrêt intermédiaire.

Le train étant garé à B sur la voie de quai, du côté montant, le pilote presse, sur la ligne E du tableau « quai montant », un bouton qui allume sur le quai un transparent « Chargez pour E ».

L'équipe de quai introduit dans les wagons les chariots préalablement chargés ; le chargement terminé, le chef d'équipe presse un bouton, qui allume, sur la ligne E du tableau « quai montant », une lampe « Train prêt à partir ». Le pilote fait les aiguilles, puis presse, sur la ligne E du tableau « expédition montant », un bouton qui allume, sur la ligne E des tableaux « réception montant », des lampes vertes « Passage » à C et à D, une lampe rouge « Arrêt » à E. Les pilotes de ces trois stations font leurs aiguilles en conséquence si ce n'est déjà fait, ce qui allume en B une lampe de contrôle « Voie libre ». Le pilote B presse alors le bouton « Départ », ce qui attire à sa position d'arrière l'armature de l'interrupteur I_0 et donne le courant à la section de gare. Les freins se desserrent et le train démarre, la pente favorisant l'accélération. Quand le train aborde la première section courante, l'interrupteur I_0 coupe l'alimentation de la section de gare, et en même temps l'interrupteur I_1 alimente la première section courante : il n'y a pas d'à-coup, l'alimentation des wagons d'arrière se faisant momentanément par le câble de couplage. Le passage d'une section à la suivante se fait de même, jusqu'à la dernière ; en passant de celle-ci à la section d'avant-gare, le train actionne l'interrupteur I_4 pour couper le courant de la section courante, et l'interrupteur I_5 pour mettre en marche le moteur M ; le train étant passé en entier sur la section d'avant-gare, qui est en rampe et non-alimentée, les freins se serrent, et leur effet s'ajoute

à celui de la rampe pour produire un arrêt rapide, l'accélération négative due aux freins étant de $3^m,50/sec^2$.

Le moteur M actionne par vis sans fin un arbre à cames chargé d'établir, avec un certain retard, la communication entre le rail de contact de la section de gare et le feeder à 440 volts : le train, qui avait marqué l'arrêt cinq secondes, démarre donc à cette tension, qui est maintenue cinq secondes ; puis le moteur M, continuant à tourner, coupe cette communication et branche le rail sur le feeder à 150 volts. Le train entre alors à vitesse réduite dans la station C, sur la voie de passage, qui à ce moment n'est pas sous courant : il marque donc l'arrêt sensiblement dans l'axe de cette station. L'arbre à cames, achevant un tour complet, envoie un courant instantané dans les électros d'avant de I_6 (ce qui produit l'arrêt du moteur M) et d'arrière de I_6 (ce qui donne le courant à 440 volts au rail de contact de la voie de passage et fait repartir le train). L'intervalle entre les stations C et D est parcouru dans les mêmes conditions, et le moteur M de la section d'avant de la gare D fonctionne de même, tandis que celui de la section d'avant de la gare E s'arrête une fois que le train a quitté cette section et est venu à quai. L'arrivée du train allume, sur la ligne E du tableau « expédition montant » de la station B, une lampe « Train reçu ».

Les enclenchements mécaniques et électriques sont tels que, si, au moment où le train arrive sur la section d'avant-gare, un train à quai est en instance de départ et les opérations d'expédition en cours, le moteur M ne peut tourner, et le train arrivant reste en avant-gare jusqu'au départ effectif de l'autre.

L'intervalle minimum auquel deux trains consécutifs peuvent être expédiés d'une même station paraît pouvoir être réduit à 3 ou 4 minutes, soit 300 à 400 trains en 20 heures, en en réservant 4 pour l'entretien de la voie, comme sur les métropolitains à voyageurs.

Manœuvres en gare et au dépôt. — Plusieurs stations sont munies de voies de garage, auxquelles on a donné la moindre longueur possible par raison d'économie. Sur ces voies de garage, ainsi que sur les boucles de retournement, les manœuvres se font à vitesse réduite sous 150 volts, au moyen d'un arbre à cames spécial com-

mandé à partir de la cabine : la voie de garage est divisée en sections ayant chacune la longueur d'un train, et le jeu de l'arbre à cames fait marquer l'arrêt à chaque section, la progression étant reprise jusqu'à la dernière section libre.

Le dépôt (fig. 14) est situé au voisinage de la station Mount-Pleasant, à laquelle il est relié par un raccordement en rampe de 50 millimètres montant vers le dépôt. Les trains sont également

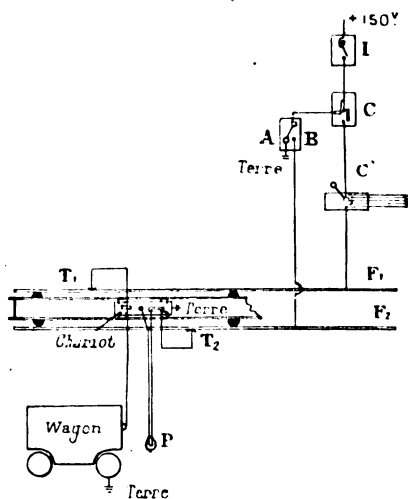


Fig. 15. — Circuits de manœuvre des trains en dépôt.

B, commutateur ; C, contacteur ; C', contrôleur ; F₁, F₂, fils aériens ; I, interrupteur ; P, bouton poussoir ; T₁, T₂, trolleys.

manœuvrés par arbre à cames sur cette rampe, divisée en quatre sections sur chacune desquelles le train marque l'arrêt ; en outre, un enclenchement empêche d'expédier un train du dépôt tant que le précédent n'a pas quitté le raccordement.

Les voies du dépôt n'ont pas de rail de contact, et les aiguilles sont manœuvrées, avec transmission à ressort permettant le talonnage, au moyen de leviers à main s'effaçant dans des logements ménagés dans le dallage. Les voies principales sont munies d'une voie aérienne, formée d'une poutre en I suspendue à la voûte : sur cette poutre, roulent des chariots, équipés de deux trolleys à ressort frottant sur deux fils isolés suspendus comme ceux des tramways à la suspension de la poutre.

L'un de ces fils F_1 est en relation avec le feeder à 150 volts (fig. 15) par l'intermédiaire d'un interrupteur, d'un contacteur et d'un contrôleur semblable à celui des voitures de tramway, placé dans la salle. L'électro du contacteur est relié d'une part au feeder à 150 volts, d'autre part, à un commutateur à deux directions dont le plot A est relié à la terre et le plot B au second fil de trolley F_2 . Au chariot, est fixé un câble à deux conducteurs se terminant par des fiches que l'on enfonce dans les trous du coupleur des wagons ; l'un des câbles est relié directement au premier trolley T_1 ; l'autre est relié au second trolley T_2 par l'intermédiaire d'un bouton-poussoir pendant à un câble fixé au chariot.

Dans la position A du commutateur, l'armature du contacteur est attirée en permanence, et la manœuvre du train se fait par le contrôleur. Dans la position B, le courant ne peut être donné au train que si le contrôleur n'est pas au zéro : une pression sur le bouton fait fermer le contacteur, le courant étant établi par le commutateur, le trolley T_2 , le bouton-poussoir, le second câble et la masse du wagon : la fermeture du contacteur donne le courant aux moteurs par le contrôleur et le trolley T_1 , et la manœuvre se fait à une vitesse déterminée par la touche du contrôleur sur laquelle est sa manette. On peut ainsi, par de courtes pressions sur le bouton, donner au train des déplacements de l'ordre du décimètre.

THÉORIE DE LA TÉLÉPHONIE SUR LES CIRCUITS, en particulier sur les circuits pupinisés,

par Hermann SCHULZ,
du Telegraphentechnisches Reichsamt, Berlin.

(Suite.) ⁽¹⁾

IV. DISTORSION DE LA PAROLE SUR LES CIRCUITS.

Dans le circuit homogène, les intensités et les tensions, à l'origine a et à l'extrémité c , sont liées par des relations linéaires de même nature ; par exemple, il existe, entre les tensions de chaque onde particulière (voy. Chapitre I, § 3), la relation :

$$r_{e,b} = v_a e^{-b} \sin (\omega t - a + g) = r_a e^{-b} \sin \omega \left(t - \frac{a}{\omega} + \frac{g}{\omega} \right).$$

La grandeur $\frac{g}{\omega}$ est liée à la phase initiale de l'onde et n'a pas d'importance pour la transmission.

$\frac{a}{\omega} = \frac{\alpha}{\omega} l = \tau l = T$, est la durée de parcours de la phase ;
 $b = \beta l$, son affaiblissement (voy. Chapitre I, 3).

b et T caractérisent complètement la transmission des ondes de tension et de courant. Pour la transmission de l'énergie, la connaissance de l'impédance caractéristique Z est nécessaire, mais elle ne joue aucun rôle direct dans la question de la distorsion (voy. § 4 de ce chapitre).

1. Distorsion- ϕ . — L'intensité et la tension à l'extrémité du circuit sont plus ou moins amorties suivant la grandeur de b . S'il s'agit de la transmission d'ondes périodiques complexes, comme c'est principalement le cas en téléphonie, toutes les oscillations

1. Voy. *Annales des P. T. T.*, janvier 1929.

composantes sont uniformément réduites à l'extrémité, si b a la même valeur pour toutes les fréquences. Si, au contraire, l'affaiblissement est fonction de la fréquence, le rapport des amplitudes des diverses oscillations est modifié au cours de la transmission, et le spectre sonore est déformé en amplitude. On désigne ce phénomène sous le nom de *distorsion- β* . Il est à remarquer qu'elle n'a un sens que si l'on considère le régime permanent.

2. Distorsion- α (ou Distorsion- T). — La quantité $\frac{a}{\omega} = T$, dans l'argument du sinus de l'équation ci-dessus, désigne le temps séparant les passages d'une même grandeur périodique par une certaine phase, à l'origine et à l'extrémité du circuit. Si cette durée de parcours de la phase T est la même pour toutes les fréquences et si l'affaiblissement est constant, le spectre sonore est réduit en amplitude, mais n'est pas déformé. Au contraire, si les durées de parcours de la phase varient avec la fréquence, il se produit un décalage des oscillations composant un son, c'est-à-dire une distorsion longitudinale du spectre sonore qui, pour de grandes variations, produirait la séparation et l'enchevêtrement des sons élémentaires. Cette *distorsion- α* (ou *distorsion- T*) n'a également une signification que pour le régime permanent. Comme l'oreille humaine perçoit individuellement les composantes des sons, cette distorsion est, en général, sans importance.

La durée de parcours de la phase T n'est pas fonction de la fréquence, si elle coïncide avec la durée de propagation $T_0 = l\sqrt{CL}$. Ceci n'arrive que dans le cas où est remplie la condition de Heaviside $\frac{R}{lG} = \frac{L}{C}$ pour l'absence de distorsion (voy. Chapitre III). Dans ce cas, l'angle de phase $a = \omega l\sqrt{CL}$ est une fonction purement inéaire de la fréquence, et en outre (voy. Chapitre III) l'affaiblissement est indépendant de la fréquence.

La distorsion- β et la distorsion- T vont donc de pair : si elles disparaissent quand $\frac{R}{G} = \frac{L}{C}$, elles augmentent quand l'inégalité $\frac{R}{G} > \frac{L}{C}$ est renforcée.

3. Distorsion résultant du régime transitoire. — Pour tous les circuits existants, on a $\frac{R}{G} > \frac{L}{C}$; par suite, $\alpha (> \omega T_0)$ n'est plus une fonction linéaire de ω et de même T est plus grand que T_0 et est fonction de la fréquence (Chapitre III). La théorie montre que le régime permanent ne s'établit pas alors dès la première oscillation, mais est précédé d'un régime transitoire. La théorie du régime permanent ne s'applique pas à ce régime transitoire ; elle caractérise seulement sa présence par la différence entre les valeurs de α , T et b et les valeurs minima de ces grandeurs en l'absence de distorsion et par conséquent de régime transitoire. Au cours de la période transitoire, le signal se construit et ultérieurement se détruit ; la distorsion en résulte. Si la durée des phénomènes transitoires est de l'ordre de grandeur de la durée du signal, celui-ci est modifié au point de devenir méconnaissable. Comme α , pour les différentes fréquences, s'écarte plus ou moins (T étant fonction de la fréquence) de la valeur $\omega \sqrt{CL}$, la distorsion due au régime transitoire varie avec la fréquence. Sur les circuits homogènes, la distorsion diminue quand ω croît. (Chap. III).

Les distorsions α et β et la distorsion due au régime transitoire ne jouent, en pratique, aucun rôle sur les circuits homogènes. (voy. Chapitre III).

4. Distorsion due aux réflexions. — La reproduction de la parole est également déformée dans la transmission sur un circuit dénué de distorsion si les impédances des appareils terminaux ne coïncident pas avec l'impédance caractéristique du circuit et s'en écartent de façon différente aux diverses fréquences. Il se produit alors, aux extrémités du circuit, des réflexions dont l'importance varie avec la fréquence, ce qui a pour conséquence que l'énergie reçue dans l'appareil récepteur varie avec la fréquence.

L'adaptation des appareils à l'impédance caractéristique n'est pas la condition pour obtenir l'énergie terminale la plus élevée. Avant l'adoption des relais, on cherchait, pour de grandes distances, à avoir un bon rendement pour la fréquence moyenne et l'on ne faisait rien pour remédier à la distorsion. Aujourd'hui, on cherche

avant tout à supprimer la distorsion. Aussi s'efforce-t-on d'éviter les réflexions aux extrémités en adaptant le plus exactement possible les appareils aux impédances caractéristiques à toutes les fréquences utiles. Cette opération n'est pas possible sur les circuits composés, à cause des variations très importantes et tout à fait irrégulières des impédances caractéristiques avec la fréquence; on cherche donc à supprimer la cause de ce phénomène en insérant des transformateurs convenables aux points de raccordement des circuits.

5. Distorsion non-linéaire. — Les équations de transmission développées jusqu'à présent (Chapitres I et II) étaient linéaires pour la tension et l'intensité du courant, compte tenu des hypothèses sur les caractéristiques fondamentales du circuit (voy. Chapitre I, § 1); autrement dit, les constantes secondaires et les paramètres de transmission étaient bien fonction de la fréquence, mais non de l'amplitude du courant. On peut également exprimer cette condition en disant que les constantes du champ électromagnétique du circuit, notamment la perméabilité (μ), ne sont pas influencées par l'intensité du courant.

Cette condition est bien remplie pour les circuits homogènes, et il en est de même pour le circuit composé quand il ne comprend que des circuits proprement dits (voy. Chapitre II).

Si un circuit comprend, en outre, des quadripôles contenant du fer (μ variable avec le courant) ou des relais dont les caractéristiques ne présentent, même dans la zone de travail des lampes, qu'une allure à peu près rectiligne, les paramètres de transmission ne sont plus, rigoureusement, indépendants de l'intensité du courant; il en résulte que le circuit ne transmet pas seulement les fréquences de la parole, mais qu'il produit de nouvelles fréquences, dénommées *fréquences de combinaison* (de premier ordre et d'ordre supérieur). Il s'ensuit une distorsion de la parole dite *distorsion non-linéaire*.

Comme la distorsion produite par le fer n'apparaît que pour une valeur assez grande de l'intensité, la distorsion non-linéaire est sans importance en téléphonie ordinaire; mais elle est plus sérieuse dans la téléphonie utilisant des relais. On y remédie par l'emploi de relais convenablement construits (fers spéciaux, lampes excellentes).

V. CIRCUITS PUPINISÉS.

1. Idée générale. Le circuit pupinisé considéré comme circuit composé. Constante de propagation et impédance caractéristique au sens strict. — Quinze ans avant la publication du brevet de Pupin, Heaviside avait proposé d'améliorer la transmission sur les circuits en câble en insérant sur le circuit, à des distances régulières, des bobines d'inductance ayant une grande constante de temps, c'est-à-dire une inductance aussi pure que possible. Cette idée ne fut pas prise en considération par les spécialistes de cette époque. C'est seulement lorsque, en 1900, Pupin eut établi une règle de calcul facilement applicable pour la détermination des espacements des bobines et des valeurs des inductances et obtenu par des expériences la valeur du rendement ainsi obtenu qui était encore indéterminé, que la « pupinisation » des câbles et son application à la téléphonie à grande distance sont devenues d'un usage général.

Le circuit pupinisé appartient au groupe des circuits non-homogènes, de structure itérée. Chacune des sections symétriques et

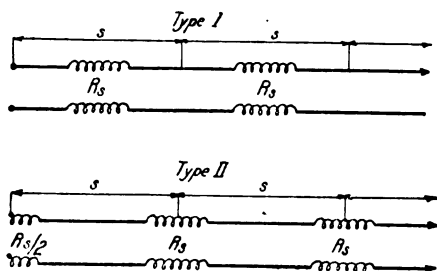


Fig. 4.

semblables comprend un circuit homogène de longueur s , qui renferme (voy. fig. 4) la bobine Pupin d'impédance $\mathcal{R}_s = R_s + j\omega L_s$ en son milieu (type I), ou qui est lui-même compris entre deux demi-bobines $\frac{\mathcal{R}_s}{2}$ (type II). En Allemagne, on emploie le premier type. Comme on le voit sur la figure, les deux dispositifs ne se dis-

tinguent, en principe, que par la façon dont commence et finit le circuit.

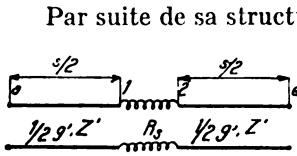


Fig. 5.

Par suite de sa structure itérée, la constante de propagation de l'ensemble du circuit pupinisé est égale à la somme des constantes de ses sections, et son impédance caractéristique coïncide avec celle de chaque section particulière (symétrique).

Pour les différentes parties de chaque section du type I (fig. 5) à savoir $a \rightarrow 1$, $1 \rightarrow 2$ et $2 \rightarrow e$, on peut poser les trois systèmes d'équations (voy. Chapitre II) :

$$\begin{aligned} V_a &= A'V_1 + B'I_1, & V_1 &= V_2 + R_s I_2, & V_2 &= A'Ve + B'I_e, \\ I_a &= C'V_1 + A'I_1, & I_1 &= I_2, & I_2 &= C'Ve + A'I_e. \end{aligned}$$

Avec les déterminants

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} A'B' \\ C'A' \end{vmatrix}, \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} 1 & R_s \\ 0 & 1 \end{vmatrix}, \quad \Delta_3 = \Delta_1,$$

où l'on a :

$$A' = \operatorname{ch} \frac{g'}{2}, \quad B' = Z' \operatorname{sh} \frac{g'}{2}, \quad C' = \frac{1}{Z'} \operatorname{sh} \frac{g'}{2},$$

si g' désigne l'angle de propagation du circuit seul pour la distance s (avec les constantes primaires, R' , G' , C' , L'), et Z' son impédance caractéristique.

En combinant les trois systèmes ci-dessus, on trouve les équations :

$$\begin{aligned} V_a &= AV_e + BI_e, \\ I_a &= CV_e + AI_e, \end{aligned}$$

avec le déterminant

$$\begin{vmatrix} AB \\ CA \end{vmatrix} = \Delta_1^2 \cdot \Delta_2 = 1.$$

On obtient par le calcul (en se servant des propositions de la théorie des déterminants), pour l'angle de propagation g ($= \arg \operatorname{ch} A$) et l'impédance caractéristique Z ($= \sqrt{\frac{B}{C}}$) de la section entière du circuit pupinisé (de longueur s), les relations :

$$\operatorname{ch} g = \operatorname{ch} g' + \frac{\mathcal{R}_s}{2Z'} \operatorname{sh} g',$$

$$\text{ou} \quad 4 \operatorname{sh}^2 \frac{g}{2} = 4 \operatorname{sh}^2 \frac{g'}{2} + \frac{\mathcal{R}_s}{Z'} \operatorname{sh} g', \quad (15)$$

$$\text{et} \quad Z = Z' \sqrt{\frac{Z' \operatorname{sh} g' + \mathcal{R}_s \operatorname{ch}^2 \frac{g'}{2}}{Z' \operatorname{sh} g' + \mathcal{R}_s \operatorname{sh}^2 \frac{g'}{2}}}. \quad (15 a)$$

Dans le cas d'une section du type II (fig. 4), on obtient, pour la constante de propagation, une expression qui coïncide avec (15) ; mais, pour l'impédance caractéristique, on obtient une expression qui diffère de (15 a), à savoir :

$$Z = Z' \sqrt{1 + \frac{\mathcal{R}_s}{Z'} \operatorname{ch} g' + \left(\frac{\mathcal{R}_s}{2Z'}\right)^2}. \quad (15 b)$$

Bibliographie : O. HEAVISIDE, *Electromagn. theory*, London, 1893 vol. I, p. 445 ;

M.-J. PUPIN, *Transactions of the Amer. Inst. of Elec. Eng.*, 1901, p. 245 ;

F. BREISIG, *Theoretische Telegraphie*, 2^e édition, p. 378, et plus loin aux références, p. 540, n^o 79.

2. Approximation par la théorie des filtres. Comparaison avec le circuit homogène équivalent. Formules approximatives pour la constante d'affaiblissement et la constante de longueur d'onde. — D'après les équations (15) et (15 a), on peut calculer l'angle de phase α , l'affaiblissement b et l'impédance caractéristique Z de toute la section du type I ne se servant des grandeurs connues de ses éléments constitutifs g' , Z' et $\mathcal{R}_s$.

Pupin a attribué une importance décisive à la recherche de l'angle de propagation g (en réalité, de l'angle de phase α seulement).

Pour les considérations qui vont suivre, supposons d'abord que la distance s soit assez faible pour qu'on puisse remplacer, dans l'équation (15), $\operatorname{sh} g'$ par g' et $\operatorname{sh}^2 \frac{g'}{2}$ par $\left(\frac{g'}{2}\right)^2$. On trouve, alors, avec $\mathcal{R}_s = R_s + j\omega L_s$ ainsi qu'avec les valeurs de g' et Z' , conformément aux équations (1) et (2) (Chapitre I, § 1), l'expression

$$\operatorname{sh} \frac{g}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{(R_0 + j\omega L_0)(G_0 + j\omega C_0)} = \frac{1}{2} g_0 = \frac{1}{2} (b_0 + ja_c), \quad (16)$$

dans laquelle on désigne par $R_0 = R' + R_s$ la somme des résistances

de la longueur de circuit s et de la bobine, par $L_0 = L' + L_s$ la somme des inductances correspondantes, et par $G_0 = G'$ et $C_0 = C'$ la perditance et la capacité de la longueur de circuit s . (On néglige la perditance et la capacité de la bobine).

L'équation (16) est valable exactement pour $s = 0$, c'est-à-dire pour une cellule telle qu'on la représente sur la figure 6, avec les caractéristiques R_0, L_0, G_0, C_0 .

En fait, la théorie des filtres, pour une telle ligne artificielle, fournit l'expression (16), d'après la formule générale $\text{sh} \frac{g}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\overline{R_0 G_0}}$. Cela montre clairement la signification physique de l'approximation $g' = \text{sh} g'$, etc...

D'après sa forme analytique, l'expression g_0 , dans l'équation (16), désigne l'angle de propagation d'un circuit homogène de constantes primaires R_0, L_0, G_0, C_0 (uniformément réparties). Le circuit effectif pupinisé peut donc être comparé avec ledit circuit, dont l'efficacité de transmission est calculable à partir de ses constantes. Pour son angle de propagation g , la relation approchée (16) prévaut. Si l'on introduit la longueur s de la section de circuit,

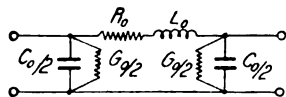


Fig. 6.

la relation approchée (16) prévaut. Si l'on introduit la longueur s de la section de circuit,

$$\frac{R_0}{s} = R + \frac{R_s}{s}, \quad \frac{L}{s} = L + \frac{L_s}{s}, \quad \text{et aussi } G = \frac{G_0}{s} \text{ et } C = \frac{C_0}{s}$$

sont les constantes primaires kilométriques.

Si l'on admet que la quantité L_0 (qui a pour partie principale l'inductance L_s choisie arbitrairement) devient grande par rapport à $\frac{R_0}{\omega}$ à partir des fréquences vocales moyennes, les formules approchées (13) sont applicables à la quantité g_0 (Chapitre III); on a, par suite :

$$\begin{aligned} \frac{g_0}{2} &= \frac{1}{2} \left[\frac{R_0}{2} \sqrt{\frac{C_0}{L_0}} + \frac{G_0}{2} \sqrt{\frac{L_0}{C_0}} + j\omega \sqrt{L_0 C_0} \right] = \\ &= \frac{1}{2} b_0 + j \frac{a_0}{2} = \frac{1}{2} b_0 + j\eta, \end{aligned} \quad (16 a)$$

où l'on a posé $\frac{2}{\sqrt{C_0 L_0}} = \omega_0 [s^{-1}]$ et $\frac{\omega}{\omega_0} = \eta$.

Pour les deux composants de $g = b + ja$, affaiblissement b et angle de phase a , de la section de circuit pupinisé, on tire alors de l'équation (16) les deux équations :

$$\operatorname{sh} \frac{b}{2} \cos \frac{a}{2} = \frac{b_0}{2} = B,$$

$$\operatorname{ch} \frac{b}{2} \sin \frac{a}{2} = \eta,$$

d'où :

$$\begin{aligned} \operatorname{sh}^2 \frac{b}{2} &= \frac{1}{2} \sqrt{A^2 + 4B^2} - \frac{A}{2} = \frac{A}{2} \left(\sqrt{1 + 4 \frac{B^2}{A^2}} - 1 \right), \\ \cos^2 \frac{a}{2} &= \frac{1}{2} \sqrt{A^2 + 4B^2} + \frac{A}{2} = \frac{A}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{4B^2}{A^2}} + 1 \right), \end{aligned} \quad (16 \text{ b})$$

dans laquelle, pour abréger, on a posé :

$$1 - \eta^2 - B^2 = A.$$

Pour comparer les composants de g et g_0 , on doit distinguer deux domaines de fréquences :

1. $\eta^2 \leq 1 - B^2$ (A positif).

Comme $B^2 = \frac{b_0^2}{4}$ est, en général, une quantité très petite (dans le câble à charge normale 1 à $4 \cdot 10^{-4}$), ce domaine coïncide pratiquement avec :

$$0 \leq \eta < 1,$$

ou

$$\boxed{0 \leq \omega < \omega_0}.$$

a) Avec l'hypothèse supplémentaire que : $A^2 \geq 16 B^2$, $A \geq 4 B$, $\eta \leq 0,96$ (pour $B^2 = 4 \cdot 10^{-4}$), on a, avec une bonne approximation :

$$\sqrt{1 + \frac{4B^2}{A^2}} = 1 + \frac{2B^2}{A^2},$$

et alors
$$\operatorname{sh} \frac{b}{2} = \frac{B}{\sqrt{A}} \approx \frac{b_0}{2} \frac{1}{\sqrt{1 - \eta^2}}.$$

$$\cos \frac{a}{2} = \sqrt{A + \operatorname{sh}^2 \frac{b}{2}} \approx \sqrt{1 - \eta^2 + \frac{b^2}{4}},$$

ou, en première approximation :

$$b = b_0 \frac{1}{\sqrt{1-\eta^2}}, \quad (17)$$

$$\sin \frac{a}{2} = \eta.$$

(A la limite de la bande, $\eta = 0,96$ pour $B^2 = 4 \cdot 10^{-4}$, l'erreur dans la valeur approchée de $\sqrt{1 + \frac{4B^2}{A^2}}$ est de 2,5 % environ pour b ; elle est beaucoup plus petite pour a).

b) Pour $\eta = 1$, $\omega = \omega_0$, A est pratiquement nul. A l'aide de (16 b), on obtient alors, en bonne approximation :

$$\operatorname{sh} \frac{b}{2} = \cos \frac{a}{2} = \sqrt{\frac{b_0}{2}},$$

ou

$$b \approx \sqrt{2b_0}.$$

$$\sin \frac{a}{2} \approx \sqrt{1 - \frac{b_0}{2}} \approx 1 - \frac{b_0}{4}. \quad (17 a)$$

A cause de la petitesse de $\frac{b_0}{4}$, a a une valeur voisine de π (pour $b_0 = 0$, $R_0 = G_0 = 0$, a serait exactement égal à π).

II. Pour $\eta^2 > 1 - B^2$, pratiquement :

$$\eta^2 > 1,$$

$$\boxed{\omega_0 < \omega < \infty},$$

A devient une quantité négative : $A = -(\eta^2 - 1 + B^2) = -A'$. Pour cette bande de fréquences les formules 16 b s'écrivent, avec $A' = -A$:

$$\operatorname{sh} \frac{b}{2} = \frac{A'}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{4B^2}{A'^2}} + 1 \right),$$

$$\cos \frac{a}{2} = \frac{A'}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{4B^2}{A'^2}} - 1 \right).$$

Dans cette bande, A' croît rapidement avec η (ω). A partir de

$A' = 4B$, c'est-à-dire à partir de $\eta = 1,04$ (pour $B^2 = 4 \cdot 10^{-4}$), on a, avec une bonne approximation :

$$\begin{aligned}\cos \frac{a}{2} &= \frac{B}{\sqrt{A'}} \approx \frac{b_0}{2\sqrt{\eta^2 - 1}}, \\ \text{sh} \frac{b}{2} &= \sqrt{A' + \cos^2 \frac{a}{2}} \approx \sqrt{\eta^2 - 1},\end{aligned}\quad (18)$$

ou

$$\begin{aligned}\sin \frac{a}{2} &\approx 1 - \frac{b_0^2}{8(\eta^2 - 1)} \approx 1, \\ \text{ch} \frac{b}{2} &\approx \eta.\end{aligned}\quad (18 a)$$

Dans cette bande, b croît rapidement avec la fréquence ; a tend lentement vers la valeur limite π .

III. Pour les fréquences très basses, $\frac{R_0}{\omega}$ est grand par rapport à L_0 ; les formules approchées (14 a) sont alors valables pour g_0 (Chapitre III), et l'on a :

$$\text{sh} \frac{g}{2} = \frac{1}{2} (b_0 + ja_0),$$

avec

$$b_0 \approx a_0 \approx \sqrt{\frac{\omega R_0 C_0}{2}}.$$

Comme, à cause de la petitesse de b_0 et a_0 , $\left| \text{sh} \frac{g}{2} \right|$ est une quantité petite, on peut remplacer $\text{sh} \frac{g}{2}$ par $\frac{g}{2}$, et l'on obtient :

$$a \approx b \approx \sqrt{\frac{\omega R_0 C_0}{2}};$$

autrement dit, le circuit pupinisé se comporte, dans la bande de fréquences *la plus basse*, comme un câble ordinaire sans inductance sensible.

Bibliographie : K.-W. WAGNER, *Arch. für Elektr.*, 1915, p. 315.
do, do, 1919, p. 61.

3. Fréquence de coupure du circuit pupinisé. — D'après ce qu'on a vu au chapitre précédent, la fréquence correspondant à

$\eta = 1$, $\omega = \omega_0$ sépare deux domaines de transmission dans lesquels le circuit pupinisé se comporte tout à fait différemment du circuit homogène équivalent.

Dans la bande de fréquences $0 < \omega \leq \omega_0$, l'affaiblissement de chaque section de circuit croît bien jusqu'à $\sqrt{2b_0}$, mais il prend des valeurs toujours faibles et acceptables pour la transmission quand la pupinisation est convenable. L'angle de phase prend, dans cette région, toutes les valeurs allant de 0 au voisinage de π .

Dans la bande $\omega > \omega_0$, par contre, l'affaiblissement atteint rapidement de si grandes valeurs, que le circuit composé de nombreuses sections est pratiquement infranchissable pour les fréquences supérieures à ω_0 . L'angle de phase tend lentement vers π et a pratiquement une valeur constante.

La quantité ω_0 [s^{-1}] caractérisant un circuit pupinisé s'appelle la *fréquence limite* ou *fréquence de coupure*. Elle est la base du problème de la pupinisation. Sa valeur, conformément à la formule

$$\omega_0 = \frac{2}{\sqrt{L_0 C_0}} = \frac{2}{s \sqrt{\frac{L_0}{s} C}} = \frac{2}{s \sqrt{L_1}} \cdot \frac{1}{\sqrt{C}}, \quad (19)$$

est liée aux quantités s et L_1 qu'on peut choisir. s est l'espacement des bobines ou longueur de la section de pupinisation ; L_1 , l'inductance kilométrique du circuit pupinisé, soit en réalité, pour les câbles, la fraction d'inductance des bobines correspondant à 1 kilomètre de circuit $\left(\frac{L_s}{s}\right)$. Le facteur $\sqrt{C}$ est déterminé par la capacité du câble ; c'est donc une quantité fixe.

La fréquence de coupure varie donc en raison inverse : 1° de l'espacement s des bobines, et 2° de la racine carrée du nombre exprimant l'inductance kilométrique de la bobine, c'est-à-dire de l'importance de la charge.

Quelle valeur doit-on choisir pour ω_0 ? C'est la question primordiale. Le choix est déterminé, en fin de compte, par les nécessités de la qualité de la transmission, en particulier par les conditions techniques d'exploitation, mais aussi par la longueur du circuit. Actuellement, les longs câbles pupinisés sont presque exclusivement

exploités avec des répéteurs. Pour le trafic ordinaire sur de tels circuits, on considère maintenant comme nécessaire, jusqu'à des distances d'environ 1000 kilomètres, une fréquence de coupure ω_0 de 20.000 à 21.000 (auparavant, on s'en tenait à $\omega_0 = 16.000$ à 17.000). En Amérique et en Grande-Bretagne, on s'est même contenté d'une fréquence de coupure de 14.000.

Quand on téléphone à des distances de plus de 1000 kilomètres, les phénomènes transitoires se font déjà sentir et sont une cause de distorsion. Pour les réduire, on doit élever encore davantage la fréquence de coupure (voy. § 11 de ce chapitre).

4. Possibilités et considérations diverses relatives à la pupinisation. — Le produit $s \sqrt{L_1}$ dans la formule (19), pour ω_0 , a donc une valeur numérique conditionnée, dans chaque cas, par le mode d'exploitation et la longueur du circuit. Ce produit étant fixe, il existe plusieurs possibilités pour la détermination des valeurs des deux facteurs s et $\sqrt{L_1}$.

De là résultent différents modes de pupinisation. Ils se distinguent entre eux par la diminution de l'affaiblissement et les frais de construction du circuit en dépendent (Il est vrai que l'impédance caractéristique en subit aussi l'influence ; mais ce n'est là qu'un effet de moindre importance). Une charge plus légère permet des espacements plus grands des bobines et diminue, par conséquent, les frais d'installation ; mais l'affaiblissement est moins diminué (voy. formules 16, 17). En augmentant la charge, l'affaiblissement décroît ; mais les dépenses pour l'insertion des bobines augmentent, et cela presque uniformément avec la diminution obligatoire de l'espacement des bobines.

La limite jusqu'à laquelle on peut diminuer l'affaiblissement par la pupinisation est déterminée par la condition que, dans la formule

$$b_0 = \frac{R_0}{2} \sqrt{\frac{C_0}{L_0}} + \frac{G_0}{2} \sqrt{\frac{L_0}{C_0}} = b_{R_0} + b_{G_0},$$

les deux termes d'affaiblissement provenant de R_0 et G_0 soient égaux, c'est-à-dire que l'on aurait la condition de Heaviside pour l'absence de distorsion sur le circuit homogène équivalent : $\frac{R_0}{G_0} = \frac{L_0}{C_0}$. Comme

l'affaiblissement du câble, quand on se rapproche de cette condition, ne décroît rapidement qu'à l'origine pour ne tendre ensuite que lentement vers le minimum (voy. Chapitre III, fig. 3), on n'a jamais poussé la charge des câbles au delà de la zone de chute rapide de l'affaiblissement, seule zone économique. Dans ces derniers temps, la question de l'affaiblissement, pour la fréquence moyenne, a perdu de son importance par suite de l'emploi des répéteurs. L'importance de la charge est basée maintenant sur le degré d'amplification que permet la nature des câbles sans que se fassent sentir les effets perturbateurs de la diaphonie entre circuits. Dans les communications à deux fils, on envisage en outre, comme de première importance, la distorsion due aux couplages par réaction, qui, en fin de compte, dépend de la nature des câbles ; elle limite l'amplification possible à une valeur sensiblement inférieure à celle que permet la diaphonie. En général, pour l'affaiblissement d'une section d'amplification que l'on doit compenser par le gain des répéteurs, on veille à ne pas dépasser, dans les communications à deux fils, $b = 1,4$; dans celles à quatre fils, $b = 2,8$ (pour $\omega = 5.000$). Dès lors, le genre et l'importance de la charge dépendent purement et simplement de la longueur choisie pour les sections d'amplification et des diamètres des conducteurs utilisés. La pupinisation est donc conditionnée surtout par des considérations économiques. Ces dernières nous ont, en général, conduit à employer, pour les communications à deux fils, des conducteurs ne dépassant pas $1^{\text{mm}},4$; pour les communications à quatre fils, des conducteurs ne dépassant pas $0^{\text{mm}},9$; et à établir des sections d'amplification de 140 à 150 kilomètres de longueur. On choisit des espacements de bobines d'une longueur uniforme, qui varie entre $1^{\text{km}},6$ et 2 kilomètres pour les câbles à grande distance, suivant les divers pays. Comme inductance des bobines, on emploie normalement : pour les circuits réels, environ 70 à 100 millihenrys par kilomètre ; pour les combinés, environ 35 millihenrys par kilomètre. Dans les communications à quatre fils dépassant 1000 kilomètres, on travaille avec charge légère, c'est-à-dire avec environ le quart de l'inductance des bobines normales. A cause de l'affaiblissement, qui a dans ce cas une valeur deux fois plus grande, on doit installer des répéteurs tous les 70 ou 75 kilomètres. Les circuits des câbles à

grande distance servant au relais des émissions radiophoniques doivent être très légèrement chargés en vue d'obtenir une fréquence de coupure le plus élevée possible. A cause du haut degré d'amplification nécessaire pour compenser le grand affaiblissement dû aux câbles et pour la modulation, on doit prendre des précautions particulières contre la diaphonie (quarte centrale protégée par un écran, etc.).

5. Pupination des circuits aériens. — La pupinisation des circuits aériens était autrefois d'un usage très répandu, pour réduire le diamètre des conducteurs ; mais elle a beaucoup perdu de son importance pratique, depuis l'introduction des amplificateurs. Du reste, la pupinisation des circuits aériens est assez peu recommandable, parce que, du fait qu'on ajoute une inductance artificielle à l'inductance naturelle déjà assez élevée, on se rapproche beaucoup de la condition $\frac{R_0}{G_0} = \frac{L_0}{C_0}$ pour laquelle, dans la formule $b_0 = b_n + b_{G_0}$, les deux termes sont égaux. L'affaiblissement des circuits aériens pupinisés est par conséquent très fortement soumis à l'influence de la perditance, extrêmement variable.

6. Le circuit pupinisé en deuxième approximation. Expression plus rigoureuse de l'affaiblissement (correction de Pleijel). — La formule donnant l'affaiblissement étudiée jusqu'à présent :

$$b = b_0 \frac{1}{\sqrt{1 - \eta^2}},$$

est valable pour la bande de fréquences, délimitée comme on l'a vu dans le § 2 du chapitre V, qui est, en pratique, la plus importante.

La formule a été tirée de la relation (15) :

$$4 \operatorname{sh}^2 \frac{g}{2} = 4 \operatorname{sh}^2 \frac{g'}{2} + \frac{\mathcal{R}_s}{Z'} \operatorname{sh} g',$$

dans laquelle, par approximation, on a remplacé les sinus hyperboliques du second membre par leurs arguments. On a étudié la signification physique de cette approximation. D'après cette étude, la formule d'affaiblissement ci-dessus est valable avec une bonne

approximation pour une cellule telle que celle de la figure 6 ; mais, par contre, elle n'est valable qu'avec une approximation grossière pour une section de circuit pupinisé dans laquelle les caractéristiques R, L, G, C du circuit ne sont pas rassemblées avec celles des bobines, mais sont réparties sur la distance s .

Pour trouver une formule d'affaiblissement plus exacte, on doit réintroduire les sinus hyperboliques dans l'équation précédente. Si on les développe en séries, on obtient, en se limitant aux termes du quatrième degré en g' :

$$4 \operatorname{sh}^2 \frac{g}{2} = g'^2 + \frac{g'^4}{2 \cdot 3!} + \dots + \mathcal{R}_s \cdot \frac{g'}{Z'} \left(1 + \frac{g'^2}{3!} + \dots \right).$$

g' est la constante de propagation du circuit en câble pour la distance s ; par suite (éq 1, Chapitre I) :

$$g'^2 = (R' + j\omega L')(G' + j\omega C') = \mathcal{R}' \mathcal{G}' \approx j\omega R' C',$$

et de plus :

$$\frac{g'}{Z'} = \mathcal{G}'.$$

On a, par suite :

$$\begin{aligned} 4 \operatorname{sh}^2 \frac{g}{2} &= \mathcal{G}' (\mathcal{R}' + \mathcal{R}_s) + \frac{2g'^2}{4!} \mathcal{G}' (\mathcal{R}' + 2\mathcal{R}_s) = \\ &= g_0^2 + j \frac{2\omega R' C'}{4!} \cdot g_1^2 = g_0^2 \left(1 + j \frac{\omega R' C'}{4!} \frac{2g_1^2}{g_0^2} \right). \end{aligned}$$

g_1 est la constante de propagation d'un circuit homogène qui ne se différencie du circuit équivalent considéré jusqu'à maintenant que par une inductance de valeur double ($2L_s$). Par comparaison avec $g_0 = b_0 + ja_0$, on a par conséquent (voy. éq. 16 a) ⁽¹⁾ :

$$2g_1^2 = 2 \left(\frac{b_0}{\sqrt{2}} + ja_0 \sqrt{2} \right)^2 = (b_0 + j2a_0)^2 \approx 4g_0^2,$$

car b_0 disparaît par suite de son ordre de grandeur par rapport à $2a_0$. On obtient donc :

$$4 \operatorname{sh}^2 \frac{g}{2} = g_0^2 \left(1 + j\omega \frac{R' C'}{6} \right).$$

1. Dans la formule $b_0 = \frac{R_0}{2} \sqrt{\frac{C_0}{L_0}} + \frac{G_0}{2} \sqrt{\frac{L_0}{C_0}} = b_{R_0} + b_{G_0}$, l'influence de b_{G_0} sur b_0 est si faible, qu'on n'en tient pas compte.

et, à cause de la petitesse de $\frac{\omega R' C'}{6}$ par rapport à 1 :

$$\begin{aligned} 2 \operatorname{sh} \frac{g}{2} &= (b_0 + ja_0) \left(1 + j\omega \frac{R' C'}{12} \right) = \\ &= \left(b_0 - a_0 - \frac{\omega R' C'}{12} \right) + j \left(a_0 + b_0 \frac{\omega R' C'}{12} \right). \end{aligned}$$

Comme on a $b_0 \ll a_0$ l'affaiblissement du circuit pupinisé subit seul une correction appréciable ; ce développement n'a pratiquement aucune influence sur l'angle de phase a_0 ni sur la fréquence de coupure qui en dépend. Par conséquent (voy. 16 a,) on a :

$$\operatorname{sh} \frac{g}{2} = \frac{1}{2} \bar{b}_0 + j\eta.$$

Toutes les formules et conclusions du § 2 du chapitre IV restent donc applicables aussi au circuit pupinisé ; seulement, elles ne se rapportent pas à b_0 (comme dans le cas des filtres), mais à $\bar{b}_0$, qui est une quantité encore plus petite mais est aussi fonction de la fréquence. En introduisant

$$a_0 = \omega \sqrt{C_0 L_0}, \quad \omega_0 = \frac{2}{\sqrt{C_0 L_0}}, \quad \eta = \frac{\omega}{\omega_0} \text{ et } C' = C_0,$$

on obtient :

$$\begin{aligned} \bar{b}_0 &= b_0 - \frac{2}{3} \eta^2 \frac{R'}{2} \sqrt{\frac{C_0}{L_0}} = \\ &= \left[\frac{R'}{2} \left(1 - \frac{2}{3} \eta^2 \right) + \frac{R_s}{2} \right] \sqrt{\frac{C_0}{L_0}} + \frac{G_0}{2} \sqrt{\frac{L_0}{C_0}}. \end{aligned}$$

Comme on le voit, la résistance R' de la section de circuit s n'entre que pour une fraction dans l'affaiblissement du circuit pupinisé, fraction qui diminue, pour une fréquence croissante, jusqu'à $\frac{1}{3}$ quand $\eta = 1$. L'affaiblissement s'élève donc, dans le domaine des fréquences transmises $\eta < 1$, suivant une courbe plus aplatie que dans le cas du filtre correspondant. Dans le domaine $\eta > 1$, par contre, les valeurs d'affaiblissement des deux quadripôles coïncident rapidement.

L'affaiblissement kilométrique

$$\beta = \frac{b}{s} = \frac{b_0}{s} \frac{1}{\sqrt{1 - \eta^2}} \quad (19 a)$$

du circuit pupinisé s'obtient en introduisant les constantes kilométriques de résistance, de perditance, d'inductance et de capacité dans l'expression relative à $\overline{b}_0$.

À la fréquence $\omega = \omega_0$, l'affaiblissement de la section du circuit pupinisé (voy. formule 17 a) est :

$$b = \sqrt{2\overline{b}_0}$$

et $\overline{b}_0$ a pour valeur, dans ce cas :

$$\overline{b}_0 = \left(\frac{R'}{6} + \frac{R_s}{2} \right) \sqrt{\frac{C_0}{L_0}} + \frac{G^0}{2} \sqrt{\frac{L_0}{C_0}}.$$

La formule (19 a), ainsi que la formule (17) (du § 2 du chapitre V) pour une cellule de filtre, sont valables dans l'hypothèse que les formules (13) sont applicables à l'affaiblissement et à l'angle de phase du circuit équivalent (voy. éq. 16 a). La validité de ces formules approchées repose sur la condition que ωL_0 soit beaucoup plus grand que R_0 . Quand la fréquence décroît, cette condition finit par n'être plus satisfaite, et cela d'autant plus rapidement que L_0 est plus petit, c'est-à-dire que la charge est plus légère. Les formules (19 a) et (17) ne sont plus alors assez approchées. Pour les fréquences tout à fait basses, ces dernières formules ont été remplacées déjà par celles qu'on a vues, sous le n° III du § 2 du chapitre V ; cependant, la zone de validité de ces dernières formules n'est plus assez grande pour qu'elles soient applicables à la bande de fréquences dans laquelle se trouvent les formules (19 a) et (17) notamment pour les circuits faiblement chargés. Cette lacune dans la théorie a été comblée par un travail remarquable de H-F Mayer, publié dans le numéro de juin 1927 de *TFT* (p. 163), sous le titre de *Détermination de l'affaiblissement d'un circuit pupinisé*. Mayer a montré dans cette étude comment, en utilisant des méthodes mathématiques qu'il a publiées, on peut améliorer facilement les formules (19 a) ou (17), pour la bande des plus basses fréquences. Le fait qu'il ne soit pas parti de la fonction $\text{sh } \frac{g}{2}$, que nous avons placée à la base de notre étude, mais de $\text{ch } g$ (comme, de son côté, l'avait fait aussi K.-W. Wagner dans ses travaux fondamentaux) rend difficile, il est vrai,

la comparaison de sa méthode avec la nôtre ; mais elle est assurément plus pratique dans ce cas particulier. Le lecteur est invité, à ce sujet, à se rapporter au travail de Mayer.

Bibliographie : M. -H. PLEIJEL, *C. R. Conf. intern. des techn.*, Paris 1910 vol. 4.

7. Impédance caractéristique du circuit pupinisé. — La formule (15 a)

$$Z_1 = \sqrt{\frac{Z' \operatorname{sh} g' + \mathcal{R}_s \operatorname{ch}^2 \frac{g'}{2}}{\frac{1}{Z'} \operatorname{sh} g' + \frac{\mathcal{R}_s}{Z'^2} \operatorname{sh}^2 \frac{g'}{2}}}$$

donnant l'impédance caractéristique d'un circuit pupinisé commençant à une demi-section de pupinisation, est exacte. Elle peut s'écrire sous une forme plus simple, en négligeant la perditance effective et les quantités de second ordre et en y introduisant la fréquence de coupure ω_0 et $\eta = \frac{\omega}{\omega_0}$.

Si l'on pose de façon approchée :

$$\begin{aligned} Z' \operatorname{sh} g' &= Z' g' = R' + j \omega L', \\ \operatorname{ch}^2 \frac{1}{2} g' &= 1 + \frac{1}{4} g'^2 = 1 + j \frac{1}{4} \omega R_0 C_0, \\ \frac{\operatorname{sh} g'}{Z'} &= j \omega C_0, \\ \frac{1}{Z'^2} \operatorname{sh}^2 \frac{g'}{2} &= \frac{1}{4} \frac{g'^2}{Z'^2} = -\frac{1}{4} \omega^2 C_0^2, \end{aligned}$$

le calcul fournit, pour $\omega L_0 > 4 R_0$, c'est-à-dire pour des fréquences au dessus de $\omega = 2000$ environ (pour des circuits à charge normale), l'expression :

$$Z_1 = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \eta^2}} - j \frac{R_0}{4} \sqrt{\frac{1}{\eta^2} - 1}.$$

Pour $\eta < 1$, le premier terme est la partie réelle ; le second, la partie imaginaire négative de Z_1 . La seconde est en général petite par rapport à la partie réelle et décroît d'ailleurs quand la fréquence

croît jusqu'à une valeur nulle pour $\eta = 1$. La composante réelle, au contraire, s'élève en partant de la valeur $Z_0 \approx \sqrt{\frac{L_0}{C_0}}$, d'abord lentement, puis rapidement, pour atteindre des valeurs élevées.

Pour $\eta > 1$, $\omega > \omega_0$ on obtient :

$$Z_I = \frac{R_0}{4} \sqrt{1 - \frac{1}{\eta^2}} - j Z_0 \frac{1}{\sqrt{\eta^2 - 1}}.$$

L'impédance caractéristique est, au voisinage de $\eta = 1$, essentiellement imaginaire et négative. Son module diminue constamment quand ω croît (au-dessus de ω_0), en partant de valeurs initiales très élevées. Pour $\eta \gg 1$, $\omega \gg \omega_0$, on a approximativement :

$$Z_I = -j \sqrt{\frac{L_0}{C_0}} \cdot \frac{\omega_0}{\omega} = -j \frac{1}{\omega \frac{C_0}{2}},$$

c'est-à-dire que Z_I est égal à l'impédance de la capacité de la demi-section d'entrée.

La plupart du temps, l'expression $Z_I = Z_0 \frac{1}{\sqrt{1 - \eta^2}}$ est considéré comme suffisamment exacte pour l'impédance caractéristique du circuit pupinisé, c'est-à-dire qu'on néglige, dans la zone de transmission du circuit, la composante imaginaire ; dans la zone d'arrêt, la composante réelle. Cette formule approximative n'est rigoureuse que pour un filtre passe-bas idéal (1^{er} type), avec $R_0 = G_0 = 0$, d'inductance L_0 et de capacité C_0 .

Pour l'impédance caractéristique d'un circuit pupinisé commençant par une demi-bobine, on tire de (15 b), par un calcul analogue, la formule :

$$Z_{II} = Z_0 \sqrt{1 - \eta^2} + j \frac{R_0}{4} \cdot \frac{4\eta^2 - 1}{\eta \sqrt{1 - \eta^2}},$$

ou, en première approximation (strictement valable pour un filtre passe-bas du 2^e type) :

$$Z_{II} = Z_0 \sqrt{1 - \eta^2}.$$

Dans la bande de fréquences $\eta < 1$, Z_{II} est essentiellement réel, mais varie, cette fois, quand la fréquence croît de la valeur $\sim \sqrt{\frac{L_0}{C_0}}$ vers

0 pour $\eta = 1$. (En réalité, à cause des pertes, la valeur 0 n'est jamais atteinte). Pour $\eta > 1$, Z_{II} est surtout imaginaire positif ; sa valeur croît constamment à partir de 0 (en réalité, à partir de petites valeurs). Pour $\eta \gg 1$,

$$Z_{II} = + j\omega \frac{L_0}{2},$$

autrement dit, la capacité C_s de la section de circuit en arrière de la première demi-bobine agit comme un court-circuit.

On calcule les valeurs de Z_I et Z_{II} , pour les fréquences les plus basses, de la même manière qu'on calcule les valeurs d'affaiblissement correspondantes par la méthode indiquée par H.-F. Mayer et que l'on a mentionné au § 6 du chapitre V.

8. Impédance caractéristique d'un circuit pupinisé dont la section terminale a une longueur quelconque. Possibilités d'équilibre. — En pratique, notamment pour l'équilibrage d'un circuit pupinisé aux stations de répéteurs, il est important de calculer l'impédance caractéristique du circuit ayant une section terminale arbitrairement choisie dans les limites de l'espacement s des bobines. En général, on se contente de faire le calcul pour le filtre sans pertes correspondant au circuit ($R_0 = G_0 = 0$). En outre, on suppose le circuit pupinisé électriquement long, ce qui correspond à peu près aux conditions de la pratique, de sorte que les impédances d'entrée sont en même temps les impédances caractéristiques.

Pour un filtre commençant par une demi-bobine, on a, d'après le paragraphe précédent :

$$Z_{II} = Z_0 \sqrt{1 - \eta^2}.$$

Si la demi-bobine initiale est supprimée,

$$Z_s = Z_0 \sqrt{1 - \eta^2} - j\omega \frac{L_0}{2}$$

est l'impédance caractéristique d'un circuit avec une section terminale complète. Si l'on suppose, d'autre part, la demi-bobine initiale remplacée par une bobine complète, l'expression

$$Z_{s=0} = Z_0 \sqrt{1 - \eta^2} + j\omega \frac{L_0}{2}$$

désigne l'impédance caractéristique d'un circuit ayant une section terminale nulle.

On peut s'attendre à ce que Z , correspondant à une section terminale croissante passe d'une manière uniforme de la valeur $Z_{s=0}$, par $Z_{\frac{s}{2}} = Z_1 = Z_0 \frac{1}{\sqrt{1-\eta^2}}$, vers la valeur trouvée plus haut pour Z_s .

Par suite, si l'on connecte, en avant d'un réseau d'impédance caractéristique $Z_{s=0}$ (fig. 7), une section d'entrée indéfinie, qui se

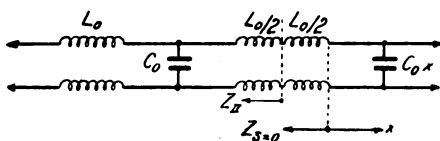


Fig. 7. — Circuit pupinisé dont la section terminale a une longueur variable.

réduit à sa capacité $C_0 x$ ($0 \leq x \leq 1$) puisqu'on néglige les pertes l'impédance du réseau de $Z_{s=0}$ en parallèle avec $C_0 \cdot x$ est l'impédance caractéristique Z_x que l'on cherche. La relation correspondant à cette conception :

$$\frac{1}{Z_x} = j\omega C_0 x + \frac{1}{Z_1 + j\omega \frac{L_0}{2}}$$

conduit au résultat rigoureux suivant :

$$\begin{aligned} Z_x &= Z_0 \left[\frac{\sqrt{1-\eta^2}}{1-4\eta^2 x(1-x)} + j \frac{\eta(1-2x)}{1-4\eta^2 x(1-x)} \right] = \\ &= Z_0 (p + jq) = P + jQ. \end{aligned}$$

Comme on le voit, on arrive ainsi, en général, à une composante imaginaire jQ qui est positive pour $0 \leq x < \frac{1}{2}$, négative pour $\frac{1}{2} < x \leq 1$, et nulle pour $x = \frac{1}{2}$.

Pour toutes les valeurs de $x' = 1 - x$, on a $P' = P$, $Q' = -Q$. Par conséquent,

$$Z_{x'} = \overline{Z}_{1-x}.$$

Les impédances caractéristiques sont donc imaginaires conjuguées.

guées pour tous les points x et $1 - x$ (c'est-à-dire équidistants des deux points extrêmes d'une section terminale entière s). Pour les points extrêmes mêmes de cette section, on a, en particulier :

$$Z_{x=0} = Z_{s=0} = Z_0 \sqrt{1 - \eta^2} \pm j\omega \frac{L_0}{2},$$

et, pour $x = \frac{1}{2}$:

$$Z_{\frac{s}{2}} = Z_1 = Z_0 \frac{1}{\sqrt{1 - \eta^2}}.$$

La partie réelle P varie entre la limite $Z_0 \sqrt{1 - \eta^2}$ pour $x = 0$ et $x = 1$, et la limite $\frac{Z_0}{\sqrt{1 - \eta^2}}$ pour $x = 0,5$; la partie imaginaire jQ varie entre les limites (droites) $\pm j\omega \frac{L_0}{1}$ pour $x = 0$ ou $x = 1$.

La partie imaginaire jQ est, pour $0 < x < 0,5$ reproductible par une capacité K en parallèle avec une inductance l (sans perte). L'impédance de cette ligne artificielle est :

$$W = j \frac{\omega l}{1 - \omega^2 l K},$$

et d'autre part, avec $\eta = \frac{\omega}{2} \sqrt{C_0 L_0}$, on a :

$$+ jQ = + j \frac{1/2 L_0 (1 - 2x)}{1 - \omega^2 L_0 \cdot C_0 x (1 - x)}.$$

Par comparaison, on a :

$$l = \frac{L_0}{2} (1 - 2x),$$

$$K = 2C_0 x \frac{1 - x}{1 - 2x}.$$

Pour $x = 0$, K est égal à 0, et $l = \frac{L_0}{2}$ suffit comme ligne d'équilibre. Pour $x = 0,5$, $K = \infty$ et $l = 0$; le circuit oscillant K , l disparaît avec jQ .

Parmi toutes les courbes possibles de la composante réelle, il en est une caractérisée par ce fait que P , jusqu'à une fréquence assez voisine de ω_0 , possède une valeur presque indépendante de la fré-

quence, à savoir $\sim \sqrt{\frac{L_0}{C_0}}$. Cela a lieu, comme on peut le constater, pour $x_1 = 0,17$ et $x_2 = 1 - x = 0,83$. Pour ces sections terminales, on peut donc reproduire P à l'aide d'une résistance pure ρ de grandeur $\sqrt{\frac{L_0}{C_0}}$. Pour $x_1 = 0,17$, on peut aussi reproduire $+jQ$ avec $l = 0,33 L_0$ et $K = 0,428 C_0$.

Si la section d'entrée est $l > 0,17 s$, on doit compenser la partie supplémentaire par une capacité convenablement calculée $C_1 = \left(\frac{b}{s} - 0,17\right)$

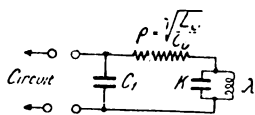


Fig. 8. — Ligne d'équilibre de Hoyt.

C_0 à placer du côté de la ligne d'équilibrage. On réalise ainsi la disposition typique de la figure 8, dite « ligne d'équilibre de Hoyt ».

Küpfmüller a signalé, à ce sujet, que l'on peut obtenir aussi facilement une ligne d'équilibre pour un circuit ayant une section terminale égale à $0,83 s$. Mais, comme, dans ce cas, la composante imaginaire de l'impédance caractéristique est négative, le circuit oscillant K, l doit être inséré dans le circuit, qui est à compléter, le cas échéant, par une capacité amenant la section terminale à la valeur $0,83 s$. La ligne artificielle se compose alors purement et simplement de la résistance pure $\rho = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}}$ (fig. 9).

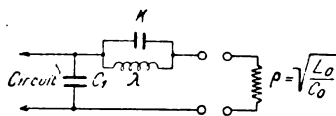


Fig. 9. — Ligne d'équilibre de Küpfmüller.

Bibliographie : R.-S. HOYT, American Patent 1.167.693 (1917) ; KÜPFMÜLLER, D.R.P. 330.961 (1919).

9. Règles de Pupin. — Les idées originelles de Pupin qui l'ont conduit à énoncer la règle à laquelle on a donné son nom, qui sert à déterminer les inductances et les espacements à donner aux bobines, sont, aujourd'hui que le problème de la pupinisation a été parfaitement éclairci, d'un intérêt avant tout historique. Ceci soit dit sans chercher à amoindrir les mérites de l'inventeur et l'importance de sa découverte, née de ses conclusions hardies et confirmée par des

expériences décisives. Esquissons ici rapidement les conceptions de Pupin.

Du fait que, dans l'équation $\text{sh } \frac{g}{2} = \frac{g_0}{2} = \frac{1}{2} (b_0 + ja_0)$, l'affaiblissement b_0 du circuit homogène équivalent est très petit par rapport à son angle de phase, Pupin a conclu, sans démonstration, qu'il en était de même pour l'affaiblissement b et l'angle de phase a du circuit pupinisé. Conformément à cette idée, il posa, dans l'équation partielle $\text{ch } \frac{b}{2} \sin \frac{a}{2} = \frac{a_0}{2}$; $\text{ch } \frac{b}{2} = 1$, d'où $\sin \frac{a}{2} = \frac{a_0}{2}$.

Mais l'équation complexe $\text{sh } \frac{g}{2} = \frac{g_0}{2}$ conduit à deux conditions, dont celle-ci : $b > a$. Pupin n'a aperçu qu'une de ces conditions, celle qui se trouve être la plus importante dans la pratique et il énonça cette règle, que le circuit pupinisé et le circuit de comparaison ne coïncident que dans la mesure où le demi-angle de phase peut être confondu avec son sinus.

Cette règle ne dit pas grand'chose. Elle se borne à une indication relative à l'angle de phase et encore, ne s'appliquait-elle que dans la zone de transmission du circuit. Elle ne dit rien de l'affaiblissement b et ne peut rien en dire puisqu'elle est tirée de l'hypothèse que cet affaiblissement est petit.

Pupin a donné ensuite à sa règle une autre signification en introduisant, au lieu de l'angle de phase $a_0 = \alpha_0 s$ du circuit équivalent, la longueur d'onde $\lambda = \frac{2\pi}{\alpha_0}$ et en outre le nombre n des sections de charge qui, sur le circuit pupinisé, correspond à cette longueur d'onde ($ns = \lambda$). Il obtient ainsi $\sin \frac{a}{2} = \frac{\pi}{n}$. Cette conception ne serre pas de plus près le problème proprement dit de l'affaiblissement.

On a, d'autre part, $a_0 = \omega \sqrt{L_0 C_0}$; et par suite :

$$\omega \sqrt{L_0 C_0} = \frac{2\pi}{n},$$

ou :

$$\frac{1}{\sqrt{CL_1 s}} = \frac{\omega R}{2\pi}.$$

Pupin, par des expériences concluantes, et c'est ce qui donne une grande importance à son invention, a donc déterminé quelle valeur doit posséder l'expression $\frac{\omega n}{2\pi}$ pour que la transmission sur les circuits munis de bobines de charge conserve une netteté satisfaisante. Il trouva $\frac{\omega n}{2\pi} \geq 7000$. Ainsi étaient fixées, pour le choix des valeurs à donner à l'inductance L_0 et à l'espacement s des bobines, les limites dans lesquelles la charge pouvait varier. Comme on le voit, $\frac{\omega n}{2\pi}$ n'est pas autre chose que la demi-fréquence de coupure $\left(\frac{\omega_0}{2}\right)$. D'autres chercheurs ont éclairci par la suite cette question et ont montré la très grande importance de la fréquence de coupure en tant que point de séparation des deux domaines de transmission du circuit, qui sont de natures absolument différentes.

10. Impédances caractéristiques d'un circuit pupinisé dont une section présente une irrégularité. — Les formules relatives aux impédances caractéristiques d'un circuit pupinisé, obtenues au chapitre V, § 7 et § 8, varient de façon uniforme avec la fréquence, c'est-à-dire qu'elles peuvent être représentées par des courbes régulières. Dans le chapitre V, § 8, on a montré que l'on peut reproduire ces impédances, même dans le cas d'une section terminale quelconque, par des réseaux simples. En réalité, on s'aperçut, lors de la mise en service du premier câble pupinisé avec amplificateurs, que la reproduction était beaucoup plus difficile que le calcul ne l'avait laissé supposer. On rechercha les causes de cet état de choses et l'on trouva que les impédances d'entrée d'un circuit pupinisé varient en réalité d'une façon très irrégulière et présentent des oscillations parfois très importantes autour de la courbe théorique ; ceci se présente notamment quand les cellules du filtre dont se compose le circuit pupinisé diffèrent les unes des autres, et les écarts par rapport à la courbe théorique sont d'autant plus grands que les différences entre cellules sont plus considérables. Que des variations d'impédance à l'origine puissent se produire, cela se conçoit aisément sans autre explication, car toutes les formules

et résultats indiqués jusqu'à présent reposaient sur l'hypothèse expressément énoncée dans le chapitre V, § 1, que chaque cellule est reliée à sa voisine sans qu'il y ait réflexion. On peut alors se demander : 1° quelles caractéristiques et quelles circonstances conditionnent, en particulier, l'allure instable de l'impédance d'entrée, en fonction de la fréquence, et 2° quel est le degré maximum d'hétérogénéité qu'on peut admettre dans la constitution du circuit.

La composante réelle de la perdittance ne peut jouer aucun rôle dans cette question, ainsi que le montre la théorie que nous avons faite, car elle est si petite à côté de la composante imaginaire, que nous avons pu la négliger dans toutes les formules d'impédance.

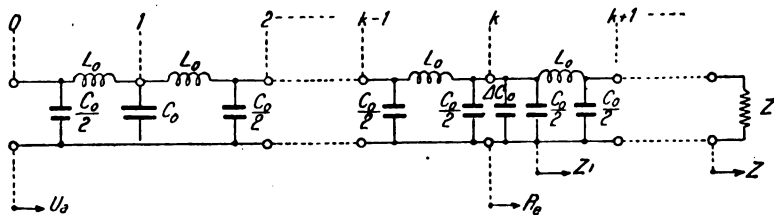


Fig. 10. — Circuit pupinisé dont une section a une capacité irrégulière.

La résistance effective du circuit, comme le montrent les formules d'impédance trouvées au chapitre V, § 7, n'a, dans la zone de transmission du circuit, à côté de l'inductance et de la capacité, qu'une importance du second ordre, parce qu'elle intervient seulement dans la composante imaginaire des impédances que nous avons pu négliger en première approximation, par rapport à la composante réelle. Nous n'avons donc à examiner que l'influence des différences de capacité et d'inductance, c'est-à-dire l'influence des écarts de C_0 présentés par les câbles, et des écarts de L_0 présentés par les bobines.

Supposons d'abord que le circuit pupinisé, considéré comme un filtre terminé à une demi-section (type I), soit régulier jusqu'à la cellule de rang k , ainsi qu'à partir de la cellule de rang $k + 2$ jusqu'à l'extrémité où il serait terminé (fig 10) par l'impédance caractéristique de ses cellules normales $Z = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}} \frac{1}{\sqrt{1 - \eta^2}}$. Supposons que,

seule, la cellule de rang $k + 1$ soit irrégulière et comprenne une capacité s'écartant de la valeur normale de ΔC_0 . Cet écart peut être positif ou négatif (sur la figure 10, ΔC_0 est positif). On peut concevoir alors l'impédance R_p du circuit, vue des bornes de gauche de la cellule de rang $k + 1$ vers la droite, comme l'impédance terminant le circuit aux bornes de droite de la $k^{\text{ième}}$ cellule et calculer ainsi l'impédance d'entrée U_a du circuit en fonction de R_p . On a (voy. fig. 10) :

$$R_e = \frac{1}{1/Z + j\omega\Delta C_0} = \frac{Z}{1 + j\omega\Delta C_0 Z} \\ \approx Z(1 - j\omega\Delta C_0 Z),$$

et, en outre, pour le facteur de réflexion p_e relatif au point k :

$$p_e = \frac{R_p - Z}{R_p + Z} = -\frac{j\omega\Delta C_0 \cdot Z}{2 + j\omega\Delta C_0 \cdot Z} \\ \approx -j\frac{1}{2} \omega\Delta C_0 \cdot Z.$$

On tire l'impédance d'entrée U_a de la formule (9a) donnée dans le chapitre I, § 5 :

$$\frac{U_a - Z}{U_a + Z} = p_e e^{-2g} = -j\frac{1}{2} \omega\Delta C_0 \cdot Z \cdot e^{-2g},$$

ou, en y introduisant

$$Z = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}} \frac{1}{\sqrt{1 - \eta^2}}$$

$$\text{et } \omega = \frac{2}{\sqrt{L_0 C_0}} : \frac{U_a - Z}{U_a + Z} = -j \frac{\Delta C_0}{C_0} \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)^2 - 1}} \cdot e^{-2g},$$

où g est l'angle de propagation du circuit jusqu'à l'extrémité de la $k^{\text{ième}}$ cellule ou jusqu'à l'origine de la cellule qui contient l'irrégularité.

$\frac{U_a - Z}{U_a + Z} = \varepsilon(U_a, Z)$ est l'écart relatif de U_a par rapport à Z , causé par l'écart relatif de capacité $\frac{\Delta C_0}{C_0}$. Le module de cet écart est :

$$\left| \frac{U_a - Z}{U_a + Z} \right| = \frac{\Delta C_0}{C_0} \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)^2 - 1}} \cdot e^{-2b},$$

si b désigne l'affaiblissement des k premières cellules du circuit.

Comme on le voit, la grandeur de l'écart $\delta(U_a, Z)$ est déterminé 1° par le défaut relatif de capacité $\frac{\Delta C_0}{C_0}$, 2° par l'éloignement de l'origine de la cellule défectueuse, et 3° par l'écart existant entre la fréquence considérée et la fréquence de coupure. $|\delta(U_a, Z)|$ est maximum, toutes choses égales d'ailleurs, si le défaut se trouve dans la première cellule du circuit, car alors e^{-2b} est : soit égal à 1, soit plus petit que 1 d'environ le double de l'affaiblissement de la première cellule, suivant que le défaut se trouve à partir de l'origine, en avant ou en arrière de la première bobine. Puisque ce même circuit muni de répéteurs, dans les circuits à deux fils, est utilisé pour parler dans les deux sens, un défaut au milieu de la section d'amplification est, en pratique, le cas le plus favorable.

La fonction $\frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)^2 - 1}}$, qui exprime la variation du module de l'écart $\delta(U_a, Z)$ avec la fréquence, a la valeur 0 pour $\omega = 0$; elle prend des valeurs qui, au début, croissent lentement avec la fréquence, mais deviennent rapidement considérables aux environs de la fréquence de coupure. Cela explique la difficulté de l'équilibrage pour les fréquences supérieures. Cet équilibrage devient impossible au voisinage de la fréquence de coupure, et l'on sait qu'en conséquence, dans les circuits à deux fils, on supprime, au moyen de filtres passe-bas, environ 25 % de la bande de fréquences transmise par le câble pupinisé. On voit ainsi de nouveau les avantages que présente une élévation de la fréquence de coupure. Ces avantages sont également d'ordre économique, car la stabilisation des impédances d'entrée ne conduit pas seulement à une amélioration du service sur les circuits à deux fils, mais aussi à une augmentation considérable de leur portée, ce qui permet d'éviter, dans bien des cas, l'emploi de communications à quatre fils, qui sont toujours plus coûteuses. L'auteur de ces lignes, depuis le jour où il fut appelé à s'occuper de la technique des amplificateurs, a toujours été partisan d'une élévation de la fréquence de coupure.

Il nous faut maintenant étudier encore l'influence d'une inductance irrégulière sur l'impédance d'entrée. Admettons que le circuit pupinisé contienne, dans la $k^{\text{ième}}$ cellule, une inductance s'écartant,

d'une valeur ΔL_0 , de la valeur normale et soit par ailleurs régulier. Supposons que le circuit soit fermé à son extrémité sur l'impédance caractéristique $Z_1 = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}} \frac{1}{\sqrt{1-\eta^2}}$ d'une cellule normale. Si l'on sépare alors l'inductance de la $k^{\text{ème}}$ cellule en deux parties, de façon que $\frac{1}{2} L_0$ soit attribué à la partie du circuit allant vers l'origine et $\frac{1}{2} L_0$ à celle allant vers l'extrémité (points km_1 et km_2 de la figure 11) et qu'on introduise ΔL_0 au milieu de la bobine, on reconnaît que la

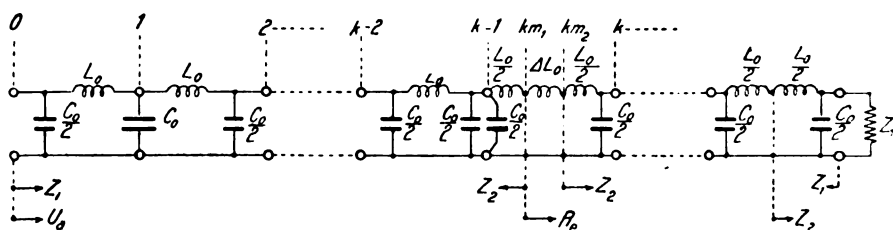


Fig. 11. — Circuit pupinisé dont une section a une inductance irrégulière.

partie de circuit allant de 0 à km_1 est régulière, mais qu'elle possède : à partir de l'origine l'impédance caractéristique Z_1 , et à partir de l'extrémité l'impédance caractéristique $Z_2 = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}} \cdot \sqrt{1-\eta^2}$. En outre, l'impédance d'entrée de la partie de circuit vue de km_2 , vers l'extrémité est égale à $Z_2 = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}} \cdot \sqrt{1-\eta^2}$; car cette partie possède, vue de km_2 , l'impédance caractéristique Z_2 et, vue de l'extrémité, l'impédance caractéristique Z_s qui coïncide avec l'impédance terminant le circuit. Nous pouvons à présent imaginer la partie de circuit de 0 à km_1 fermée sur l'impédance $R_e = j\omega\Delta L_0 + Z_2$. Nous aurons, comme facteur de réflexion au point km_1 :

$$p_e = \frac{R_e - Z_2}{R_e + Z_2} = \frac{j\omega\Delta L_0}{j\omega\Delta L_0 + 2Z_2} \\ \approx j \frac{\omega\Delta L_0}{2Z_2}.$$

L'écart relatif de l'impédance d'entrée U_a du circuit par rapport à

l'impédance caractéristique Z_1 se calcule (voy. Chapitre II, § 3) d'après la formule :

$$\delta(U_a, Z_1) = \frac{U_a - Z_1}{U_a + Z_1} = \frac{R_e - Z_2}{R_e + Z_2} \cdot e^{-2g} = j\omega \frac{\Delta L_0}{2Z_2} \cdot e^{-2g}.$$

Avec $Z_2 = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}} \cdot \sqrt{1 - \eta^2}$ et $\omega_0 = \frac{2}{\sqrt{L_0 C_0}}$, on obtient :

$$\delta(U_a, Z_1) = j \frac{\Delta L_0}{L_0} \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)^2 - 1}} \cdot e^{-2g},$$

et

$$\left| \delta(U_a, Z_1) \right| = \frac{\Delta L_0}{L_0} \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)^2 - 1}} e^{-2b}.$$

$\frac{\Delta L_0}{L_0}$ est le défaut d'inductance relatif. Cette formule correspond exactement à la formule relative à un défaut de capacité.

Ce qu'on a dit précédemment s'applique donc aussi aux défauts d'inductance.

On a trouvé nécessaire de ne pas tolérer, pour l'inductance des bobines et la capacité des sections de charge, des écarts supérieurs à $\pm 1,5 \%$ des valeurs normales.

L'affaiblissement du circuit n'est pas sensiblement influencé par ces défauts, fussent-ils même encore beaucoup plus grands, comme on peut s'en rendre compte facilement par une étude particulière.

Bibliographie : K.-W. WAGNER et K. KÜPFMÜLLER, *Archiv. für Elektrotechnik*, 1921, p. 461.

11. Distorsions de la parole sur les circuits pupinisés. Portée maximum d'un circuit pupinisé. — La théorie du circuit pupinisé détermine les limites dans lesquelles les caractéristiques de transmission du circuit chargé diffèrent de celle du circuit homogène équivalent. Nous nous servirons également de cette comparaison dans les considérations suivantes, relatives à la distorsion de la parole. Le circuit équivalent peut, en particulier dans le cas de la charge normale, être considéré comme sans distorsion.

En ce qui concerne la distorsion, le circuit pupinisé se différencie du circuit homogène équivalent à un triple point de vue :

1. Son domaine de transmission est limité à ω_0 . Toutes les fréquences vocales au delà de ω_0 ne sont pas transmises, et c'est l'intuition de celui qui écoute qui doit y suppléer. Des expériences ont prouvé que la netteté pour les syllabes (pourcentage de syllabes exactement comprises) est d'environ 80 % dans la transmission correcte de la bande de fréquences s'étendant jusqu'à $\omega = 14000$. Si l'on abaisse cette limite supérieure, la netteté décroît rapidement ; si on l'élève, la netteté n'augmente que lentement. Une transmission de 80 % de netteté peut être considérée comme bonne pour le trafic téléphonique.

2. La distorsion- β du circuit pupinisé, résultant de la formule $bn = \frac{\bar{b}}{\sqrt{1-\eta^2}} \cdot n$, [n = nombre de sections de charge] est considérable. (Elle croît exponentiellement avec le nombre des sections.) Mais, grâce à l'effet compensateur des répéteurs (anti-distorsion), cette distorsion est pratiquement supprimée.

3. L'angle de phase du circuit équivalent, pour la longueur correspondant à n sections de pupinisation, est :

$$\begin{aligned} A_0 &= a_0 n = n\omega \sqrt{C_0 L_0} = \\ &= 2 \frac{l}{s} \frac{\omega}{\omega_0}, \end{aligned}$$

autrement dit, elle est une fonction linéaire de ω .

Celle du circuit pupinisé d'égale longueur est :

$$\begin{aligned} A &= 2n \arcsin \frac{\omega}{\omega_0} \\ &\approx 2 \frac{l}{s} \frac{\omega}{\omega_0} + \frac{1}{3} \frac{l}{s} \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^3 \\ &= A_0 + \frac{1}{3} \frac{l}{s} \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^3. \end{aligned}$$

La durée de parcours de la phase est :
sur le circuit équivalent :

$$\frac{A_0}{\omega} = n \sqrt{C_0 L_0} = 2 \frac{l}{s \omega_0} = T, ;$$

sur le circuit pupinisé (avec introduction des constantes kilométriques d'inductance et de capacité) :

$$\begin{aligned}\frac{A}{\omega} &\approx T_0 + \frac{1}{24} l s^2 L_1^{3/2} C^{3/2} \omega^2 \\ &= T_0 + \Delta T_0,\end{aligned}$$

c'est-à-dire qu'elle est augmentée d'une quantité ΔT_0 . Pour $s = 0$, ΔT_0 disparaît, et il en est de même de la distorsion due aux phénomènes transitoires ; le circuit pupinisé se confond alors avec le circuit homogène équivalent.

ΔT_0 a été considéré parfois comme une mesure pour la distorsion due aux phénomènes transitoires sur les circuits pupinisés. En tout cas, on voit que ΔT_0 croît fortement avec la fréquence (au lieu de décroître, comme cela se produit sur les circuits homogènes). C'est une conséquence de la localisation de l'inductance aux points où sont insérées les bobines. ΔT_0 croît, en outre, proportionnellement avec la longueur l du circuit. Si l'on maintient le produit $l s^2 L_1^{3/2} C^{3/2} = 8 \frac{l}{s \omega_0^3}$, pour toutes les longueurs de circuit à une valeur fixe déterminée expérimentalement et admissible pour la fréquence la plus élevée à transmettre, ΔT_0 et la distorsion due aux phénomènes transitoires restent invariables pour toutes les distances. Si cette valeur est k , on obtient :

$$l = k \frac{1}{s^2 L_1^{3/2} C^{3/2}} = \frac{k}{8} s \omega_0^3$$

pour la portée maximum des circuits pupinisés.

Pour une valeur uniforme de l'espacement des bobines, on doit, par suite, élever la fréquence de coupure comme la racine cubique de la longueur l du circuit en réduisant la charge $(\sqrt{L_1})$.

$$\left(\omega_0 = 2 \sqrt[3]{\frac{l}{k \cdot s}}, \quad \frac{1}{\sqrt{L_1 C}} = \sqrt[3]{\frac{l_1 s^2}{k}} \right).$$

Des essais de conversation ont montré que l'on peut admettre pour k la valeur $8 \cdot 10^{-10}$ [sec³]. On obtient alors, par exemple avec un espacement des bobines $s = 2^{\text{km}}$, les fré-

quences de coupure suivantes, relatives aux différentes distances l :

$l =$	800	1030	1600	3200	5500	8500	km
$\omega_0 =$	16.000	17.000	20.000	25.000	30.000	35.000.	

Comme on ne peut modifier constamment la fréquence de coupure, on se borne à deux sortes de pupinisation : l'une avec $\omega_0 = 17.000$ (à l'avenir, probablement 21000), et la seconde (appelée pupinisation légère) avec $\omega_0 = 34.000$.

La durée des phénomènes transitoires sur le circuit pupinisé est une mesure de la distorsion due aux phénomènes transitoires. Théoriquement, elle est infiniment grande ; mais en pratique elle est limitée par les pertes du circuit. On peut calculer cette durée pratique en se servant de la formule bien connue de Heaviside. Si l'on admet que la distorsion sur le circuit est supprimée par l'anti-distorsion des répéteurs et que l'on considère en outre que le régime transitoire est terminé, dès que le signal émis a atteint, à l'extrémité, son amplitude maximum, la durée des phénomènes transitoires est donnée avec une bonne approximation par l'expression :

$$t' = \frac{dA}{d\omega} - \frac{dA_0}{d\omega_0},$$

dans laquelle A_0 désigne l'angle de phase du circuit équivalent et A celui du circuit pupinisé. D'autre part, $\frac{dA_0}{d\omega} = 2 \frac{l}{\omega_0} = T_0$ n'est autre chose que la durée de propagation la plus courte $t_{\min}$ sur le circuit pupinisé pour les fréquences très basses, rigoureusement pour la fréquence $\omega = 0$; car on a :

$$\begin{aligned} \frac{dA}{d\omega} &= \frac{d}{d\omega} \left(2 \frac{l}{s} \arcsin \frac{\omega}{\omega_0} \right) = \\ &= \frac{2l}{s\omega_0} \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^2}}; \end{aligned}$$

par conséquent :

$$\lim_{\omega=0} \frac{dA}{d\omega} = \frac{2l}{s\omega_0} = T_0.$$

Comme on le voit, la durée des phénomènes transitoires est donnée par la différence entre le temps de propagation le plus long

$t_{\max} = \frac{dA}{d\omega}$ pour la fréquence la plus élevée à transmettre, et le temps de propagation le plus court $t_{\min} = T_0$. On a :

$$\begin{aligned} t' = t_{\max} - t_{\min} &= \frac{d}{d\omega} \left(2 \frac{l}{s} \arcsin \frac{\omega}{\omega_0} - 2 \frac{l}{s} \frac{\omega}{\omega_0} \right) = \\ &= \frac{2l}{s\omega_0} \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}} - 1 \right) = \\ &= \frac{l\omega^2}{s\omega_0^3} \left[1 + \frac{3}{4} \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 + \frac{5}{8} \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^4 + \dots \right]. \end{aligned}$$

Si l'on reste suffisamment loin de la fréquence de coupure, on a approximativement :

$$t' \approx \frac{l\omega^2}{s\omega_0^3}.$$

On obtient alors, pour la portée maximum des circuits pupinisés, les mêmes conditions que celles qui résultent des considérations précédentes relatives à ΔT_0 .

Bibliographie : K. KÜPFMÜLLER, *TFT*, 1923, p. 53 ;

K. KÜPFMÜLLER et H. MAYER, *Ueber Einschwingvorgänge in Pulinleitungen und ihre Verminderung* (Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemens-Konzern, vol. V, fascicule 1, p. 51).

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Procédé de mise en place des poteaux de lignes électriques (P. BUNET, *L'Industrie électrique*, 10 décembre 1928).

— Les poteaux de bois sont beaucoup plus employés aux Etats-Unis qu'ici, puisque l'on y voit des lignes importantes à 60.000 volts et même au delà utiliser ce genre de supports. Il ne faut cependant pas oublier qu'on trouve en Amérique des essences de bois résistant particulièrement bien aux agents destructifs, et qui nous manquent.

La plus importante installation peut-être réalisée en employant les supports de bois est celle de la Washington Power Company. Le réseau est à la tension de 110.000 volts, et, d'une manière complète, même pour les arrêts de lignes, on se sert de poteaux de bois, uniques ou assemblés en portique. L'essence adoptée est le cèdre rouge de l'ouest. La première ligne, qui fonctionne depuis 1917, a 180 kilomètres de longueur ; et depuis, des augmentations et des interconnexions ont porté cette longueur à environ 900 kilomètres, toujours avec succès, assure-t-on. On trouve notamment des détails sur cette installation dans le *Journal of the American Institute of Electrical Engineers* de décembre 1926 ; ce numéro contient un article de M. L.-R. Gamble donnant des dispositions de poteaux, leur implantation, le traitement du bois, etc... Il serait, au reste, assez difficile de réaliser une telle ligne dans notre pays.

L'extension de l'emploi des poteaux de bois a amené à rechercher des procédés expéditifs et économiques de pose, et l'un des plus récemment indiqués est le suivant : Enfoncer dans le sol un tube de fer de 35 à 40 millimètres de diamètre à la profondeur désirée, descendre au fond quelques cartouches d'explosif, retirer le tube de fer en maintenant l'explosif au moyen d'une tige de bois passée à son intérieur et qu'on laisse en place. Dresser ensuite le poteau au dessus, le pied à la surface du sol, le maintenir par des cordes, et faire partir

la charge. Le poteau descend dans le sol et se met en position de lui-même.

Certains seraient tentés de croire à une plaisanterie, cependant ce procédé devient courant en de certaines parties des Etats-Unis et, en particulier, M. Johnson, de la Florida Power and Light Company, nous indique qu'il a construit environ deux mille kilomètres de lignes en employant cette manière de faire. Il donne quelques indications dans *O.B. Bulletin* (septembre-octobre 1928).

La profondeur d'implantation en terre peut varier de 2^m,50 à 6 mètres. La méthode est applicable dans des conditions très diverses de la nature du terrain, qui peut aller d'un sol à peu près sec jusqu'à une consistance assez marécageuse ; elle est particulièrement intéressante lorsqu'on a à dresser des poteaux longs et lourds.

Bien entendu, on ne peut réussir qu'avec une certaine expérience, et les détails de l'opération doivent être variés avec le terrain comme avec les dimensions des poteaux.

Par exemple, le terrain peut avoir tendance à boucher le tube et à s'y tasser pendant qu'on le descend ; on y remédie en vissant à l'extrémité 25 centimètres de tube dont on aplatit le bout. Lorsque le tube est enfoncé, on le dévisse en laissant en place le petit morceau sacrifié avec les cartouches d'explosif.

Il faut généralement introduire dans le tube une tige de fer de 12 à 15 millimètres de diamètre, afin de faciliter son enfoncement. On conçoit que les détails varient dans chaque cas particulier.

On pourrait croire que l'explosion va projeter en l'air le poteau qui se trouve au dessus de la sortie des gaz produits. On voit seulement ce poteau vaciller, et, après un moment d'hésitation, glisser dans le trou cylindrique pratiqué dans le sol par l'expansion des gaz. Pendant sa descente, on aperçoit les gaz s'échapper entre sa circonférence et le terrain, ces gaz gardant une pression suffisante pour empêcher les parois de l'ouverture de s'effondrer immédiatement.

La quantité d'explosif nécessaire varie beaucoup avec la nature du terrain et celle du poteau à enfoncer, comme avec la profondeur désirée. Elle peut aller de 3 à 20 cartouches ordinaires de dynamite. Par exemple, avec un poteau de 20 mètres de longueur dont on désire enfoncer jusqu'à 7 mètres dans un sable un peu spongieux, on a em-

ployé 17 cartouches de dynamite à 40 %. Un excès d'explosif est indiqué par la formation d'un tas de terre autour du poteau ; un manque d'explosif se voit immédiatement car le poteau ne s'enfonce pas assez.

S'il arrive qu'un poteau reste en route par suite de manque d'explosif ou d'éboulement du sol, on peut arriver à le mettre correctement en introduisant une seconde charge d'explosif sous la place occupée par le pied.

Il est naturellement absolument nécessaire de mettre le poteau au dessus de la position qu'il doit occuper avant de faire partir la charge d'explosif. Le trou formé ne se maintient pas suffisamment longtemps pour qu'on puisse attendre en amenant le poteau ensuite, ou bien il faut employer de fortes charges, produisant une cavité trop grande et d'ailleurs irrégulière, dont les parois sont instables.

Il convient de dire que le sol de la Floride est, pour la plus grande part, sablonneux et marécageux. Dans des terrains secs et durs, on ne trouverait peut-être pas la même facilité d'application du procédé ; cependant il peut sans doute être intéressant de l'essayer dans bien des cas. Le procédé réussirait-il avec des poteaux de ciment, plus employés ici que ceux de bois pour les lignes assez importantes ? Ils seraient alors placés comme ces poteaux de bois, c'est-à-dire sans massif de béton ; leur enfoncement devrait alors être augmenté ; peut-être conviendrait-il de recourir à une injection de béton clair après l'implantation.

Nous espérons que quelques-uns de nos lecteurs seront intéressés suffisamment par ce qui précède pour essayer de l'adapter à leurs conditions particulières, et nous souhaitons qu'ils y trouvent un certain avantage.

INFORMATIONS.

Les chèques postaux français en 1928. — Pendant l'année 1928, 45.123 nouveaux comptes ont été ouverts. Plus de 85 millions d'opérations ont été effectuées, au lieu de 76 millions en 1927. Le montant total de ces opérations s'est élevé à 358.601.906.696^f,93, alors qu'il n'avait atteint que 328 milliards 673 millions pendant l'année précédente. Le montant des opérations liquidées sans emploi de signes monétaires a été de 292.319.165.619^f,17, représentant ainsi 81 % du montant des opérations. Après dix ans seulement de fonctionnement, l'institution groupe aujourd'hui 414.607 affiliés.

Le bureau de poste situé à la plus grande altitude. — Le bureau de poste de Phari-Yong, dans le Thibet, qui se trouve exactement à 3.877 mètres d'altitude, et qui est doté d'un service permanent et régulier, est sans nul doute le bureau de poste le plus élevé du monde.
(*Post-Zeitschrift*, Berne.)

Installation électrique pour études musicales. — A Berlin, la société Siemens et Halske a établi une installation particulièrement curieuse permettant de faciliter les études musicales et caractérisée par le fait que les différentes salles d'étude d'un même établissement sont reliées les unes aux autres de telle manière qu'à partir de l'une quelconque d'entre elles on peut suivre les études faites dans chacune des autres. A cet effet, un central téléphonique est relié à chacune des salles de l'établissement et, dans chaque salle, la liaison est assurée, d'une part, avec un microphone, et, d'autre part, avec un haut-parleur. Des amplificateurs convenablement disposés permettent de suivre, de la salle d'audition centrale ou du cabinet du directeur, l'exécution des morceaux étudiés par les élèves dans les différentes salles. L'étude des sons est en outre réalisée au moyen d'un oscillographe qui enregistre les émissions, ce qui permet

à l'élève de se rendre compte, quand son exercice a pris fin, des différentes erreurs qu'il a commises au cours de l'exécution.

La salle d'émission comporte des dispositifs permettant de la compartimenter, de manière à réaliser pour l'artiste une salle semblable à celle dans laquelle il sera appelé à donner une audition.

Le professeur peut, à tout instant, à partir de son bureau, suivre le travail de ses élèves distribués dans les différentes salles et peut même leur faire toute observation motivée par les erreurs d'interprétation commises.

On a complété le dispositif Siemens en lui adjoignant un appareil qui permet au professeur de diriger ses différents élèves en exécutant lui-même le morceau à étudier, sans que, pour cela, il soit gêné en quoi que ce soit dans l'audition de chacun des exécutants. A cet effet, le professeur joue sur un piano dont les sons sont considérablement amortis, à un tel point qu'ils sont seulement perceptibles par un microphone placé à proximité immédiate des cordes vibrantes. Les sons recueillis par cet appareil sont ensuite renforcés, reproduits et transmis à chaque élève au moyen de récepteurs téléphoniques serre-tête. De cette manière, chaque élève entend le piano directeur, et le professeur, de son côté, peut entendre chaque élève et surveiller l'exécution particulière de tel exécutant qu'il veut plus spécialement écouter. En outre, le haut-parleur disposé dans chaque salle peut être connecté de manière à reproduire l'ensemble donné par l'orchestre, indépendamment de la reproduction de l'exécution assurée par le professeur.

Grâce aux dispositifs Siemens, on peut obtenir le résultat original de faire chanter un artiste dans une salle d'audition donnée et de le faire accompagner par un orchestre dont les différents exécutants seront répartis dans une série de cabinets particuliers. (*Technique moderne.*)

BIBLIOGRAPHIE.

Exploitation télégraphique, par STAMATIOS NIKOLIS, ingénieur des Postes et Télégraphes grecs, chef de bureau à l'administration centrale des P.T.T. d'Athènes. Athènes, 1928, 1 vol. in-8° de 245 pages.

Voici la table des matières de cet ouvrage, rédigé en langue grecque :

Préface. — Bibliographie.

I. INTRODUCTION : Principes fondamentaux ; Evolution de la télégraphie à travers les âges.

II. ORGANISATION DU SERVICE TÉLÉGRAPHIQUE INTÉRIEUR : Dispositions concernant le monopole ; Organisation du personnel ; Organisation des bureaux ; Organisation du réseau ; Organisation des communications télégraphiques ; Correspondance télégraphique intérieure (Généralités ; Rédaction et dépôt des télégrammes ; Taxation et compte des mots ; Télégrammes officiels ; Télégrammes de service ; Télégrammes spéciaux ; Location des lignes télégraphiques ; Acheminement des télégrammes ; Responsabilité du service télégraphique).

III. ORGANISATION DU SERVICE TÉLÉGRAPHIQUE INTERNATIONAL : Historique ; Organes et actes de l'Union télégraphique internationale ; Dispositions générales concernant le service télégraphique international ; Taxes télégraphiques internationales ; Rédaction des télégrammes internationaux, compte des mots ; Recherche sur le système de taxation et sur les langages ; Télégrammes d'Etat ; Télégrammes de service ; Télégrammes spéciaux ; Télégrammes maritimes ; Transmission des télégrammes ; Comptabilité télégraphique internationale.

IV. PRINCIPES GÉNÉRAUX D'EXPLOITATION : Notions préliminaires ; Principes d'organisation d'un réseau télégraphique ; Principes d'organisation des installations télégraphiques ; Systèmes de circulation des télégrammes dans l'intérieur des bureaux ; Systèmes de circulation des télégrammes à l'extérieur des bureaux ; Moyens d'augmenter le rendement du personnel ; Recherches sur le coût des télégrammes.

Calcul des probabilités, par PAUL LÉVY. Paris, Gauthier-Villars, 1928. 1 vol. in-8° de 350 pages. — Prix : 50 francs.

Ce volume, d'un caractère mathématique élevé, est d'un très grand intérêt. La théorie des probabilités doit en effet à M. Lévy son perfectionnement le plus récent, l'introduction de la *fonction caractéristique*, qu'il est bon de voir exposer par l'auteur lui-même. Don-

nous-en en quelques mots le principe. La loi de probabilité d'un phénomène dépendant d'un seul paramètre λ peut être représentée par la fonction $F(x)$, égale à la probabilité pour que le phénomène se produise, le paramètre λ appartenant à l'intervalle $(-\infty \dots x)$; la fonction $F(x)$, partant de zéro pour $-\infty$, arrivant à $+1$ pour $+\infty$, et n'étant nulle part décroissante, s'appelle la *fonction des probabilités totales* de la loi étudiée. M. Lévy a eu l'idée (non pas par hasard : étant donné ses travaux sur le calcul fonctionnel, la probabilité *a priori* pour que ce fût lui qui mit le doigt sur cette correspondance était très élevée), a eu l'idée, disions-nous, de déduire de la fonction des probabilités totales une autre fonction $\varphi(t)$:

$$\varphi(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{itx} dF(x)$$

(l'intégrale est d'un type mis en lumière par M. Lebesgue, qui généralise utilement l'intégrale ordinaire : l'intégrale de Stieltjes). Inversement, de $\varphi(t)$ on peut déduire $F(x)$; la donnée de l'une de ces fonctions est équivalente à celle de l'autre. Mais l'emploi de la fonction $\varphi(t)$, que M. Lévy appelle *fonction caractéristique*, simplifie et éclaire considérablement les théories du calcul des probabilités. C'est en grande partie au développement systématique de cette méthode qu'est consacré le présent livre. Le succès de cette correspondance fonctionnelle n'a rien qui doive surprendre l'ingénieur des télégraphes, qui peut-être a déjà reconnu à l'intégrale ci-dessus un certain côté familier. Il pourrait dire, comme la romance allemande en vogue que nous apporte la radio : « Fräulein, pardon... Ich glaub', wir kennen uns schon ». En effet, dans le cas des lois de probabilité dites « absolument continues », où l'on peut au lieu de $F(x)$ se servir de sa dérivée $f(x)$, la définition de $\varphi(t)$ devient

$$\varphi(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{itx} f(x) dx ;$$

ce n'est pas autre chose que l'intégrale de Fourier, et la correspondance entre φ et f est celle entre une fonction et ce que nous appelons en propagation son spectre de fréquences. Nous sommes donc bien en terrain connu, ou du moins repéré. — La première partie de l'ouvrage est un remarquable exposé des principes de la théorie des proba-

bilités ; le développement de la méthode de M. Lévy et de ses applications occupe la deuxième partie. Parmi les applications, le chapitre consacré aux lois exceptionnelles, c'est-à-dire qui s'écartent essentiellement de la loi de Gauss, et celui sur la théorie cinétique des gaz, sont peut-être les plus attrayants. Ouvrage magistral, et que l'on est heureux de devoir à un maître français.

P.L.C.

Sinusrelief und Tangensrelief in der Elektrotechnik,

par FRITZ EMDE. Braunschweig, Vieweg und Sohn, 1924. 1 vol. in-8° de 108 pages, avec 16 figures et 2 planches (Sammlung Vieweg, Heft 69). — Prix : 4^M,50.

M. Emde a voulu, dans ce livre, aider au développement de l'emploi des lignes hyperboliques en électrotechnique. Cette méthode exige que l'on connaisse les valeurs de deux fonctions hyperboliques (ou circulaires, ce qui revient au même) pour toutes les valeurs d'une variable *complexe* ($x + i y$). A l'emploi des graphiques, ou des tables, établis notamment par M. A.E. Kennelly, M. Emde préfère l'emploi de deux autres graphiques, qu'il appelle *Sinusrelief* et *Tangensrelief* et qui sont les projections des lignes de niveau et des lignes de plus grande pente des deux surfaces (ou reliefs) ayant pour équations :

$$\begin{aligned} s(x, y) &= 0, \text{ avec } \sin(x + i y) = s e^{i\tau}, \\ t(x, y) &= 0, \text{ avec } \operatorname{tg}(x + i y) = t e^{i\tau}. \end{aligned}$$

Il va de soi que deux graphiques de cette sorte sont théoriquement équivalents à toute autre paire ou (précision mise à part) aux tables de deux fonctions circulaires et de deux fonctions hyperboliques d'arguments réels. Le choix des fonctions à mettre en tables (ou en graphiques) est donc une question de commodité. M. Emde montre d'une façon très convaincante combien les graphiques qu'il a choisis facilitent les calculs de transmission sur une ligne homogène à quatre constantes réparties. Le graphique dit « Tangensrelief » avait déjà été préconisé par R.S. Brown (1) dans le même but ; par l'emploi d'échelles doubles, le graphique dit « Sinusrelief » se trouvait évité.

1. Voy. M. Latour et G. Viard, *R.G.E.*, 20 juillet 1918.

M. Emde a préféré, à juste titre, semble-t-il, s'il s'agit d'enseignement, employer simultanément les deux graphiques. Il montre qu'à une ligne homogène donnée terminée par une charge donnée correspond un certain segment sur chacun des graphiques ; les deux familles de courbes de chaque graphique donnent alors, pour chaque point de la ligne, la tension et l'intensité de courant (en employant le graphique des sinus), l'impédance et l'angle de phase (en employant le graphique des tangentes). Il y a là une représentation extrêmement frappante : de plus, la simplicité des règles qui donnent la position du segment représentant la ligne en fonction de ses constantes et de sa charge permet de se rendre compte rapidement, en traçant par points une courbe auxiliaire, de l'influence de la variation de tel ou tel paramètre. L'auteur applique lui-même sa méthode à deux exemples poussés numériquement jusqu'au bout et auxquels se rapportent les deux planches placées à la fin du livre : il fait l'étude d'un circuit triphasé aérien de 100 kilomètres d'une part, d'un câble de 200 kilomètres d'autre part, lorsque leur charge varie. Quantité de problèmes d'électrotechnique seraient justifiables de la même méthode ; M. Emde indique celui des courants de Foucault dans les conducteurs d'un moteur d'induction et celui de la répartition du flux sur les pièces polaires d'une dynamo.

Les publications actuelles sur la théorie de la propagation placent bien au dessus du problème du régime permanent dans une ligne homogène, parce que les difficultés théoriques qu'il a pu présenter ont depuis longtemps disparu ; mais une entière familiarité avec les divers aspects de ce problème fondamental reste toujours indispensable. et l'étude du petit livre de M. Emde est un excellent moyen de l'acquérir.

P.L.C.

Le gerant :

HENRI DÉVÉ.

DOCUMENTATION.

Les analyses suivantes se rapportent à des articles parus dans les périodiques français et étrangers reçus par le Service d'études et de recherches techniques de l'administration des Postes et Télégraphes : elles sont rédigées par des fonctionnaires de ce service et signées de leurs initiales. Elles sont imprimées avec une pagination spéciale et sur un seul côté des feuillets de façon que l'on puisse, soit les relier à part, soit les découper pour en constituer un répertoire par fiches. Dans ce dernier cas, le classement en sera facilité par les nombres inscrits en tête des analyses, qui correspondent au classement décimal dont nous avons publié la table dans le numéro de janvier.

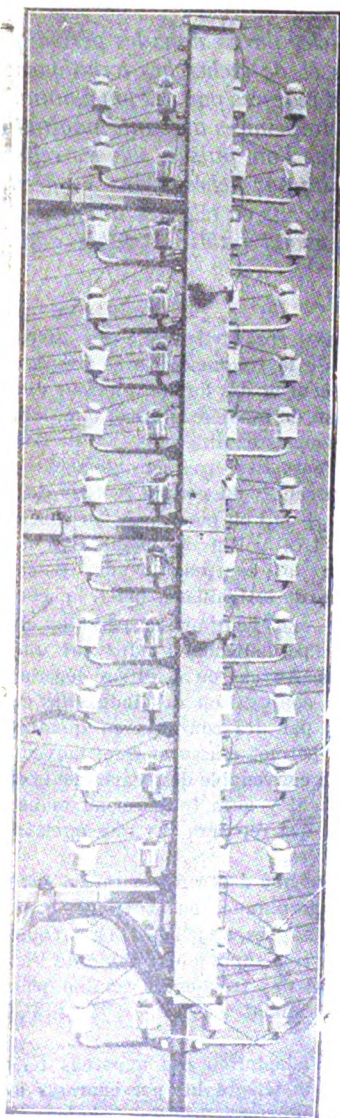
34. Un nouveau système de télégraphie multiple par courants alternatifs (Martin Wald, E.N.T., octobre 1928). — Ce système est basé sur l'emploi de relais à deux enroulements montés de la même manière que les wattmètres usuels. Un enroulement est parcouru par l'ensemble des courants alternatifs modulés par l'appareil télégraphique émetteur. L'autre enroulement est parcouru par un courant alternatif permanent, fourni par une source locale, dont la fréquence est celle des courants alternatifs qu'il convient de détecter. En fait, à chaque fréquence correspondent deux relais, alimentés par des courants en quadrature l'un par rapport à l'autre. Les index de ces deux relais sont conjugués de telle sorte qu'un courant de commande des appareils peut passer dès que l'un ou l'autre index s'appuie sur une quelconque des butées. Le principe de la sélection est le suivant : lorsque les enroulements sont parcourus par des courants de pulsations ω et ω_0 et d'intensités i et i_0 , le couple moteur D de la bobine mobile (de laquelle l'index est solidaire) a pour valeur instantanée : $D = i i_0 \sin \omega t \cdot \sin (\omega_0 t - \varphi)$, φ représentant un certain angle de phase. Cette expression peut se mettre sous la forme d'une somme de deux sinus, l'un d'une fonction de pulsation $(\omega - \omega_0)$, l'autre de pulsation $(\omega + \omega_0)$. D'autre part, si l'équipage a une grande inertie, l'amplitude maximum de son déplacement sous l'effet d'un couple moteur alternatif est

sensiblement proportionnelle au carré de l'inverse de la fréquence de ce couple moteur. On conçoit dès lors (et l'auteur discute la question de manière précise) que, lorsque ω et ω_0 sont assez différents l'un de l'autre, l'index n'enregistre pas sensiblement l'effet des composantes du couple moteur de pulsation $(\omega + \omega_0)$ ou $(\omega - \omega_0)$. Au contraire, si ω est très voisin ou même égal à ω_0 , l'effet de la composante de pulsation $(\omega + \omega_0)$ est insignifiant, mais la composante $(\omega - \omega_0)$ peut amener périodiquement (sinon en permanence) l'index sur une de ses butées. Au cas où ω diffère légèrement de ω_0 , la conjugaison des index des relais alimentés par des courants en quadrature de phase permet d'assurer que, moyennant un réglage convenable des écartements entre les butées, il y aura toujours au moins un des index qui reposera sur une quelconque de ses butées.

Le système a été mis à l'essai sur une ligne télégraphique, en Autriche, pour le service au Hughes, en utilisant six fréquences porteuses, très rapprochées l'une de l'autre. Le nombre des fréquences semble pouvoir être notablement accru. L.-J. C.

31. L'adaptation des appareils télégraphiques à la télégraphie par courants alternatifs (X. Forrer, Bulletin technique T.T. suisses, octobre 1928). — Après un exposé succinct des conditions d'emploi de la télégraphie harmonique, l'auteur indique quelle

BOITES DE RACCORDEMENT MÉTALLIQUES *(Modèles déposés)*



Boîte de 28 paires en service à Grenoble.

J. AUDIBERT

1, rue Paul-Bert, GRENOBLE

R. C. Grenoble : 931

Téléph. 28-55

**ÉTANCHES
DURABLES
ÉCONOMIQUES**

**Approuvées par le Comité Technique
des Postes et Télégraphes**

60.000 en Service France et Colonies

Ces boîtes peuvent contenir, suivant les modèles,
des plots de raccordement, des paratonnerres, des
parafoudres, des réglottes tête de câble, à peigne
noyé.

**Renseignements, Catalogues, Echantillons
envoyés gratuitement sur demande.**

**Modifications pour point de raccordement
ou de concentration difficiles.**

Etudes pour cas spéciaux.

**CROCHETS POUR SUSPENSION
DE CABLE TÉLÉPHONIQUE AÉRIEN
(Modèle déposé)**

**RÉPARTITEURS TÉLÉPHONIQUES
Système Poncet (mécanicien aux P.T.T.).**

**OUTILLAGE SPÉCIAL ET ÉTUDIÉ
POUR ÉQUIPES**

nt les légères modifications qu'il convient apporter aux appareils Hughes, Siemens Baudot pour les utiliser avec les installations de télégraphie harmonique, ainsi que les schémas d'équipement qui sont à employer.

L.-J. C.

36. **Les filtres employés pour la télégraphie infra-acoustique** (Ch. Wiszpeintner, *N. T.*, octobre 1928). — L'emploi simultané des circuits en câble, pour les transmissions télégraphiques infra-acoustiques, est possible moyennant l'addition aux circuits de filtres passe-haut (pour le téléphone) et de filtres passe-bas (pour le télégraphe). L'auteur indique quelles conditions doivent remplir ces filtres pour qu'aucun trouble ni aucune diminution de qualité ne soient apportés à la transmission téléphonique. Il signale différents schémas applicables et montre que certains d'entre eux sont meilleurs quant à l'utilisation du circuit communé. La considération du degré de diaphonie décelable permet de déterminer la précision qui doit être apportée dans l'ajustement des valeurs des constantes de ces filtres. L'auteur indique en outre les dispositions à prendre pour permettre le passage d'une communication télégraphique au delà d'un répéteur téléphonique, ou pour permettre l'installation d'un poste télégraphique sur un circuit en dehors d'une station de répéteurs.

L.-J. C.

41. **Les efforts de l'administration en vue de l'amélioration du service téléphonique à Paris** (E. Goullignac, *Annales P.T.T.*, octobre 1928).

42. **Ligne artificielle d'équilibre pour ligne pupinisée** (J.-B. Pomey, *R.G.E.*, 10 octobre 1928). — L'auteur rappelle que le problème de l'établissement de lignes artificielles d'équilibre s'est posé à propos de la télégraphie multiplex, du système de M. Mercadier et Magunna. Il avait, à cette époque, été étudié par Vaschy, qui était limité au cas de lignes sans inductance appréciable.

L'auteur indique ensuite quelles considérations ont conduit au schéma de M. Hoyt, pour les lignes artificielles d'équilibre des lignes pupinisées servant à l'heure actuelle à la téléphonie à grande distance.

L.-J. C.

43. **Le câble téléphonique Vienne—Budapest** (Heider et Lazar, *Europäischer Fernsprechdienst*, octobre 1928). — Constitution, spécification et principaux résultats d'essais. Photographies prises en cours de pose.

P. M.

43. **La nouvelle liaison par câble téléphonique Allemagne—Suisse—Italie** (P. Hönold et W. Trechsel, *Europäischer Fernsprechdienst*, octobre 1928). — Principales caractéristiques des trois sections : Stuttgart—frontière suisse, frontière suisse—Schaffouse—Zürich, Zürich—Lugano—Chiasso. Nombreuses photographies prises en cours de pose.

P. M.

43. **Le réseau téléphonique espagnol, son développement et son rattachement au réseau européen** (Wiehl, *Europäischer Fernsprechdienst*, octobre 1928). — Énumération des principales liaisons téléphoniques réalisées ces derniers temps. En particulier, la liaison Madrid—Paris est exploitée de Saragosse à Versailles en téléphonie à haute fréquence sur un circuit en fil de cuivre de 3 millimètres ; on obtient ainsi trois communications en plus de la communication normale ; répéteurs à Saragosse, Saint-Sébastien, Bordeaux, Saintes, Saumur et Versailles. La liaison Madrid—Londres utilise tous les procédés de transmission usuels ; elle comprend : entre Madrid et Saragosse, un circuit aérien ordinaire ; entre Saragosse et Versailles, une voie de la liaison à haute fréquence ; entre Versailles et Paris, un circuit à quatre fils en câble non chargé ; entre Paris et Londres, un circuit à quatre fils en câble, pupinisé entre Paris et Boulogne et entre Canterbury et Londres, krakupisé dans le câble sous-marin entre Boulogne et Canterbury.

P. M.

45. **Un nouveau appareil producteur de courant de sonnerie** (*Telephony*, 6 octobre 1928). — Cet appareil, le « Téléring », sert à convertir directement le courant à 60 périodes en courant à 20 périodes. Une lame vibrante attirée par un électro-aimant oscille librement d'un côté de sa position de repos, alors que, de l'autre, une vis formant contact diminue sa longueur et réduit de moitié sa période de vibration. La lame étant accordée pour une fréquence de 40 périodes, le courant passera lorsque le contact sera fermé, c'est-à-dire pendant 1/120 de seconde sur 3. Comme le contact s'ouvre et se ferme au potentiel zéro, on aura des impulsions de courant de 1/120 de seconde, alternativement positives et négatives, comme celles du courant primitif, mais espacées de 1/40 de seconde.

A. L.

45. **Tubes pneumatiques pour fiches et bandes convoyeuses dans les bureaux interurbains** (O. Kuhn, *T.F.T.*, avril, août, septembre, octobre, novembre, décembre 1928). — Étude complète des différentes

Téléphone :
CENTRAL { 35.56
56.82

COMPAGNIE FRANÇAISE
DES

Adresse
télégraphique :
CABLES-PARIS

CABLES TÉLÉGRAPHIQUES

Société anonyme au Capital de 24.000.000 de francs

Siège Social : 53, rue Vivienne et 15, boulevard Montmartre, PARIS

Registre du Commerce, n° 39.342 — Seine,

La seule Compagnie Française de Câbles desservant New-York

RAPIDITÉ *Via P. Q.* **EXACTITUDE**

**Trois Câbles Transatlantiques directs entre
Brest et New-York ne touchant pas l'Angleterre**

*Ces 3 Câbles sont prolongés jusqu'à Paris par trois lignes télégraphiques
desservies par des appareils à grand rendement*

La Compagnie possède à PARIS, rue Vivienne, 53 (angle du boulevard Montmartre)
un Bureau spécial où le public peut déposer pour l'Amérique des câblogrammes qui
sont transmis de ce Bureau à New-York, dans des délais extrêmement courts ;

Bureau particulier au Havre P. Q.

Lignes directes vers Bordeaux, Lille, Lyon, Marseille, Nantes, etc...

*Service vers les Etats-Unis, le Canada, les Amériques Centrale et du Sud.
Service indépendant pour Haïti, Cuba, St-Domingue, Porto-Rico, les Antilles
Françaises, Curaçao, Venezuela, Guyanes Française et Hollandaise*

" P. Q. " TÉLÉGRAMMES TÉLÉPHONÉS " P. Q. "

(Réseau de Paris seulement)

Par le Réseau Général : le service des Câblogrammes téléphonés P. Q. permet
au public d'obtenir sans se déplacer la même rapidité d'acheminement que si les câblo-
grammes étaient déposés au Bureau spécial P. Q., 53, rue Vivienne. Il donne de même
la facilité d'avoir communication des câblogrammes reçus d'Amérique dès leur arrivée
au Bureau de la Compagnie (Demander la notice spéciale).

Lignes privées

Des lignes privées directes pour l'échange des câblogrammes peuvent être établies
entre le bureau de la Compagnie et les maisons qui le désirent.

(Pour tous renseignements s'adresser au Service Commercial de la Compagnie).

Par la Via P. Q. peuvent être échangées toutes les catégories de câblogrammes.

Inscrivez sur vos dépêches la mention Via P. Q. (non taxée)

questions posées par l'introduction des moyens mécaniques de transport dans les bureaux interurbains : tubes pneumatiques ; principes d'installation ; installations pour l'exploitation par le vide ; filtres à air ; tables de distribution et de concentration ; ventilateurs Roobs et ventilateurs turbines ; installations simplifiées pour bureaux moyens ; exploitation des tubes ; dessèchement et pliage des fiches ; bandes convoyeuses.

Sur chacun de ces sujets, l'auteur décrit exclusivement les systèmes allemands.

P. M.

46. Le programme de généralisation de la téléphonie automatique en France (E. Munch, *Génie civil*, 13 octobre 1928). — Article de vulgarisation. Avantages de l'automatique ; développement de la téléphonie automatique en France ; services ruraux ; la téléphonie automatique privée.

P. L. C.

47 et 56. Note sur l'élimination des perturbations causées par les lignes exploitées au baudot (E. Boyer, *Annales P.T.T.*, octobre 1928).

53. Sur les amplificateurs à résistances (J.-B. Pomey, *Annales P.T.T.*, octobre 1928)

56 et 47. Note sur l'élimination des perturbations causées par les lignes exploitées au baudot (E. Boyer, *Annales P.T.T.*, octobre 1928).

56. La qualité des réceptions radiophoniques (B. Decaux, *T.S.F. moderne*, octobre 1928). — Excellent article, bourré de bons conseils techniques. Trois parties : déformations en haute fréquence, déformations à la détection, déformations en basse fréquence.

P. L. C.

58. Formules simples approchées pour le calcul des inductances de bobines en haute fréquence (H.-A. Wheeler, *Proc. Inst. Radio Engineers*, octobre 1928). — Ces formules sont approchées à moins de 5 % près et sont très utiles pour l'évaluation rapide des dimensions des selfs. Elles concernent les bobines circulaires, quel que soit le mode de bobinage (massé, nid d'abeilles, fond de panier, etc...). Soient :

a le rayon moyen de l'enroulement en centimètres ;

b la longueur de la bobine en centimètres ;

c l'épaisseur radiale du bobinage en centimètres.

On a :

$$L = \frac{2a^2 n^2}{6a + 9b + 10c},$$

lorsque *a*, *b* et *c* sont tels que les trois termes du dénominateur soient à peu près égaux.

Pour une bobine à une seule couche (*c* très petit) et pour laquelle $b > 0,8 a$, on a :

$$L = \frac{2,5 a^2 n^2}{9a + 10b}.$$

Enfin, pour une bobine plate (fond de panier, par exemple) :

$$L = \frac{2,5 a^2 n^2}{8a + 11c}.$$

J.-H. G.

59. Observation, enregistrement et prévision des orages au moyen des ondes électriques (A. Turpain, *R.G.E.*, 20 octobre 1928). — Rappelant que, dès 1901, il fut amené à utiliser les propriétés des contacts imparfaits pour l'observation et la prévision des orages, l'auteur décrit le type de cohérence auquel il s'est arrêté, ainsi que les dispositifs enregistreurs qui, combinés avec le cohéreur, permettent soit d'étudier l'évolution des orages, soit de déterminer leur charge avant leur décharge.

L.-J. C.

62. L'application pratique de l'intégrale de Fourier (George A. Campbell, *Bell System Technical Journal*, octobre 1928). — L'intégrale de Fourier permet de déduire de la solution isochrone des équations linéaires différentielles, ou aux dérivées partielles, la solution correspondant à des conditions aux limites quelconques : en particulier, lors de l'étude du problème télégraphique ou téléphonique, elle permet l'étude des régimes transitoires lorsqu'à l'origine du système de transmission on applique, à partir d'un instant donné, une force électromotrice continue, ou sinusoïdale permanente. Toutefois, le travail consistant à déduire de la solution formelle exprimée au moyen de cette intégrale une solution numérique est assez délicat en général et exige pour être mené à bien la connaissance d'un grand nombre de relations analytiques plus ou moins familières aux techniciens ou aux physiciens. En vue d'épargner les tâtonnements où les recherches dans les traités spéciaux, l'auteur a rassemblé un grand nombre de formules explicites.

En premier lieu, il donne un tableau de correspondance entre un certain nombre



TRADUCTION

NOTICE. — Sortant sans faire d'excavation, ni endommager la bordure du trottoir.

EXTRACTION d'un poteau standard par une équipe de la Illinois Bell Teleph C^e et un cric Simplex n° 329.

Economisant la main-d'œuvre horaire.

“SIMPLEX” CRIC

POUR EXTRACTION ET REDRESSEMENT DES POTEAUX

Aucun entraînement nécessaire pour la manœuvre. Ce cric permet d'arracher du sol en moins de 8 minutes les poteaux enracinés à 1 mètre 50 de profondeur. Réalisera en peu de temps une Économie de Main-d'Œuvre supérieure à son Prix d'Achat.

CRIC “SIMPLEX”

pour LEVAGE des BOBINES à CABLE

LE CRIC « SIMPLEX » EST UTILISÉ PAR LES
SERVICES TECHNIQUES DE L'ADMINISTRATION
FRANÇAISE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES

SOCIÉTÉ ANONYME

LIDGERWOOD

114, Faubourg Poissonnière. 114

Téléph. : Trud. 58-77

PARIS (X^e)

Adr. té. : Lidgerwood-Paris

des fonctions $F(f)$ et $G(f)$ qui sont reliées entre elles par l'équation intégrale :

$$\int_{-\infty}^{+\infty} F(f) \cdot \exp(2\pi j ft) df = G(t).$$

Ce tableau permet donc, d'une part, d'apprécier la valeur de l'intégrale définie lorsque la donnée est la fonction F , d'autre part, de développer la fonction $G(t)$, supposée donnée, en intégrale de Fourier : il suffit, pour ces calculs, de réduire la fonction donnée en composantes élémentaires (termes de développement en série, par exemple), figurant dans les tables : à cet objet, sont indiqués un certain nombre de propriétés des représentations des fonctions sous forme d'intégrales.

L'application de ces développements est faite ensuite à l'étude des phénomènes transitoires d'un très grand nombre de systèmes de transmission, caractérisés par leur admittance, c'est-à-dire le rapport analytique entre l'effet étudié et la cause considérée, lorsque cette cause est un phénomène sinusoïdal en régime permanent : l'expression des phénomènes transitoires est développée dans le cas de l'ébranlement élémentaire, de l'application continue à partir d'un certain moment, d'une cause d'intensité constante, ou d'intensité variant suivant la loi sinusoïdale. L.-J. C.

62. Les ondes électromotrices : théorie de la propagation des courants alternatifs le long des nappes de fils (L. Aiguillon, *Annales P. T. T.*, octobre 1928 et février 1929).

67. Sur l'utilisation des différentes variétés d'asphaltes comme masses isolantes dans les canalisations électriques (J. Lagerqvist et H. Spanne, *E. T. Z.*, 20 septembre 1928). — Le choix d'une masse isolante de remplissage exige qu'on étudie non seulement ses qualités électriques, mais aussi ses propriétés physiques et chimiques : les auteurs décrivent les méthodes employées pour mesurer la masse spécifique, le coefficient de dilatation, le point de ramollissement, la dureté, la ductilité, la viscosité, la teneur en substances minérales et en carbone libre, le degré de saponification, l'acidité, la teneur en phénol, la résistivité, le pouvoir inducteur spécifique et la rigidité diélectrique. Des résultats numériques montrent, pour un grand nombre de matières, l'interdépendance des différentes propriétés et la variation de certaines d'entre elles en fonction de la température. R.B.

72. Sur de nouvelles méthodes de couplage entre oscillations électriques et méca-

niques (W.-H. Eccles et W.-A. Leyshon, *Proc. Physical Soc.*, 15 août 1928). — Schémas employés pour entretenir des diaphones à fréquences acoustiques ou des résonateurs de quartz de H.F. au moyen d'oscillations électriques de cristaux de zincite ou de lampes à néon.

Dans la discussion, E.-H. Rayner suggère l'emploi d'un redresseur à oxyde de cuivre.

Bibliographie des articles sur le même sujet :

The Electrician : 16 juillet 1926, 20 juin 1919, 16 décembre 1910 ;

Jahrbuch der drahtlosen Telegr. und Telephonie : Band 28 (1926), p. 178 ;

Phil. Mag. : vol. 4 (1927), p. 305 ;

Wireless World, 29 août 1925 et 22 octobre 1924. J.-H. G.

72. Expériences sur la sensibilité des cellules photo-électriques du commerce au sélénium (G.-P. Barnard, *Proc. Phys. Soc.*, 15 août 1928). — L'augmentation de conductance est proportionnelle à une certaine puissance de l'éclairement, l'exposant dépendant de la cellule. L'influence de la longueur d'onde de la lumière est examinée, ainsi que l'influence de la durée de l'illumination. Des courbes fournissent des valeurs numériques de sensibilité. J.-H. G.

72. Les fils qui chantent (J.-B. Pomey, *Annales P. T. T.*, septembre 1928).

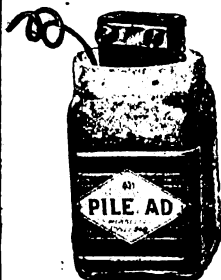
72. Recherches théoriques sur les liquides visqueux (Cl. Gautier, *R.G.E.*, 18 août 1928). — Article faisant suite à deux autres du même auteur : « Les échanges d'énergie et l'hydrodynamique du mouvement non permanent » (*R.G.E.*, 18 septembre 1926) et « Hydrodynamique et magnétisme » (*R.G.E.*, 5 mars 1927). Il en a été rendu compte dans les *Annales des P. T. T.* (juin 1927).

Les champs de vitesse des liquides parfaits et les champs magnétiques présentent des analogies frappantes, qui se conservent quand le liquide est visqueux. De plus, dans ce dernier cas, on constate que, pour entretenir le mouvement dû à un tourbillon isolé, on doit appliquer, le long de la surface de ce tourbillon, des forces de résultante nulle, mais qui forment un couple dont l'expression en fonction de l'intensité du tourbillon est donnée par la relation d'Olm. La puissance dissipée est donnée par la relation de Joule. L'auteur applique ce résultat à l'étude de l'origine de la portance des ailes d'avions.

Revenant à la question des échanges d'énergie entre les diverses molécules d'un

PILES "AD"

POUR TOUTES APPLICATIONS



BATTERIES "AD"

de chauffage et tension plaque

CHARBONS POUR MICROPHONES

BALAIS EN CHARBON

et métallographitiques

POUR TOUTES MACHINES ELECTRIQUES

LE CARBONE Société Anonyme au Capital de 2.000.000 frs.
37 A 41 RUE DE PARIS — GENNEVILLIERS — (SEINE.)



LE DOCTEUR METAL

vous présente sa NOUVELLE
lampe à filament à oxyde :

la

MICRO-MÉTAL D.Z. 813

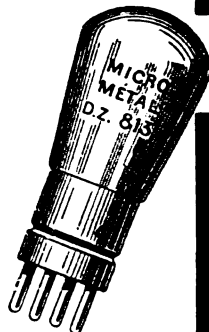
A consommation égale

DÉTECTE ET AMPLIFIE

en haute Fréquence

avec un pouvoir DOUBLE

Notre service technique est à votre disposition
pour vous fournir sur l'utilisation de cette
lampe tous les renseignements dont vous
pourriez avoir besoin



MÉTAL-RADIO

41, Rue de la Boétie, PARIS

liquide en mouvement, il met en évidence, à côté de la diffusion par conduction de l'énergie calorifique due à l'effet Joule cité plus haut, une diffusion directe de l'énergie mécanique, potentielle ou cinétique. Cette diffusion directe est due à la viscosité, qui se comporte comme un véritable coefficient de conduction de l'énergie mécanique. Les différentes formes d'énergie ont une autre propriété commune, celle de faire varier le volume des molécules qui leur servent de support. Ainsi une molécule animée de la vitesse v voit son volume augmenter dans la proportion $\frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2}$, expression où c désigne

la vitesse du son dans le liquide envisagé.

Dans une troisième partie, les résultats précédents sont utilisés à des recherches sur la question importante de la résistance à l'avancement des corps plongés dans un liquide. Travail mathématique. J.-B. P.

72. **Etudes sur les vibrations des plaques circulaires et des anneaux** (W. Hort et M. Koenig, *Zeits. f. techn. Physik*, octobre 1928). — La résolution de l'équation aux périodes propres d'une plaque circulaire avec ouverture centrale fournit des valeurs des fréquences critiques et des dimensions des lignes nodales qui coïncident avec celles fournies par l'expérience. Même lorsque les plaques prennent le caractère d'anneaux, c'est-à-dire que l'ouverture centrale devient relativement très importante, le calcul et l'expérience continuent à être en accord satisfaisant. Dans le cas d'une vibration particulière d'un anneau très étroit, ayant un caractère de flexion, on complète et rectifie une théorie antérieure de J.-H. Michell. (AUT.).

77. **Les bases de la lutte contre la tuberculose dans les P.T.T.** (dr Beaufumé, *Annales P.T.T.*, octobre 1928).

77 et 59. **Sur le rapport de la fécondité et de la haute fréquence dans les postes d'émission de télégraphie sans fil** (Nemours-Auguste et Martin, *C.R. de l'acad. des sciences*, 10 septembre 1928). — Reproduit dans *Annales P.T.T.*, décembre 1928.

83. **Le calcul des pièces fêchées et comprimées en béton armé** (H. Ravizé, *Génie civil*, 11 août 1928). — Cet article a pour but de montrer comment on peut établir et utiliser deux abaques qui permettent, étant données les dimensions d'une section de béton supposée rectangulaire et la position des centres de gravité des armatures dans cette section, de déterminer la section des armatures de telle sorte que le taux de travail du béton en compression ne dépasse pas un maximum donné, ou que le taux du travail de l'acier en tension ne dépasse pas un maximum donné. R. H.

86. **Machine Vickers, à diamant pyramidal, pour les essais de dureté des métaux** (*Génie civil*, 29 septembre 1928). — Description et mode d'emploi d'une machine servant à mesurer la dureté par une méthode analogue à celle de Brinell, mais où la bille est remplacée par un diamant taillé en forme de pyramide. On obtient ainsi une empreinte dont la surface est facilement mesurable, et la déformation du corps pénétrant est pratiquement nulle. R. H.

87. **La stroboscopie et ses applications en aéronautique** (A. Bertrand, *Bull. Soc. d'encour. industrie nat.*, octobre 1928). — Description du stroboscope Guillet et applications : synchronisation du tir à travers l'hélice, essais de rupteurs de magnétos, essais sur la circulation d'huile, variation de pas des hélices en marche, etc... P. L. C.

89. **La scie** (Ch. Frémont, *Bulletin de la Société d'encouragement*, juillet-août-septembre 1928). — Outre l'historique de la scie, l'article contient une étude technique de la scie à main. L'auteur a mesuré, en particulier, la distribution des efforts de l'ouvrier sur la scie à métaux, en utilisant une scie dynamométrique ; il étudie les principaux facteurs influençant le rendement de l'ouvrier et préconise l'usage de la machine à scier mûe à bras. Enfin il a mesuré le rendement d'un grand nombre de lames de scies et a constaté que la plupart sont irrégulières comme taille de la denture et comme dureté de l'acier. P. M.

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

- LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE**, 3, rue Thénard, Paris (5^e).
CONSTRUCTION DES LIGNES AÉRIENNES (1) par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (3^e édit., 1 vol. autogr., de 362 p., et 188 fig.)..... 25 fr.
CONSTRUCTION DES LIGNES SOUTERRAINES (1), par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 316 p., 153 fig. et 17 pl.). 3) fr.
COURS DE PROTECTION DES LIGNES télégraphiques et téléphoniques contre les lignes d'énergie (1), par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr., de 493 p., 65 fig. et 2 pl.)..... 35 fr.
COURS D'INSTALLATIONS TÉLÉPHONIQUES, par MILON, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. typogr., de 460 p., 294 fig., 15 pl.)..... 45 fr.
COURS D'EXPLOITATION TÉLÉGRAPHIQUE (1), par L. RAYNAL, ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr. de 175 p.)..... 18 fr.
PRINCIPES GÉNÉRAUX D'EXPLOITATION TÉLÉPHONIQUE (1), par MILON, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 272 p. et 20 fig.)... 13 fr.
TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SANS FIL (1), par VEAUX, ingénieur en chef des P.T.T., (1 vol. typogr. de 320 p. et 362 fig.)..... *(En réimpression)*
COURS SUR L'ORGANISATION ET LE CONTRÔLE DE L'EXPLOITATION DES BUREAUX TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES (1), par LEVEAU, chef de bureau téléphonique hors classe breveté, (1 vol. autogr., de 190 p.)..... 18 fr.
COURS D'EXPLOITATION POSTALE par FERRIERE chef de bureau des P.T.T. (2 vol. typogr. de 241 et 306 p.)..... 40 fr.
COURS DE COMPTABILITÉ et de droit budgétaire (1), par FERET DU LONGBOIS directeur au ministère des Finances (1 vol. typogr., 3^e éd., 156 p.)..... 15 fr.
CONFÉRENCES DE COMPTABILITÉ industrielle et commerciale, par G. VALENS I ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr. de 276 p.)..... 18 fr.
COURS DE MACHINES (1), par M. SAUVAGE, inspecteur général des Mines (1 vol. autogr., 207 p., 70 fig.)..... 15 fr.
COMPLÉMENTS DE MATHÉMATIQUES (1), par B. COLLIN, agrégé de l'Université, professeur au lycée Saint-Louis et à l'Ecole supérieure des P. T. T. (1 vol. autogr. de 84 p.)..... 7 fr.
COURS ÉLÉMENTAIRE DE TÉLÉPHONIE (2), par Louis GRELAUD, contrôleur principal des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 180 p. et 127 fig.)..... 22 fr.
COURS D'ÉLECTRICITÉ (2) (Application à la téléphonie et à la télégraphie à l'usage des agents mécaniciens et du Personnel des P. T. T.), par Ch. SUCHET, ingénieur des P.T.T., (3^e édit. 2 vol. typogr. de 299 p. et 236 p.) Tome I, 30 fr.; Tome II, 22 fr.
COURS DE MULTIPLES TÉLÉPHONIQUES (2) (à l'usage des agents mécaniciens, et du Personnel des P. T. T.), par Paul JOLEY, ingénieur en chef des P.T.T. 2^e édit. 1 vol. autogr., 519 p., 147 fig. et un atlas de 70 pl.)..... 60 fr.
COURS DE TÉLÉPHONIE AUTOMATIQUE (2) (à l'usage des agents mécaniciens et du Personnel des P. T. T.), par Ch. PETIT, ingénieur en chef des P.T.T. (2 vol.). Livre I (415 pages, 162 fig. et 39 pl. hors-texte) 55 fr.
Livre II *(en impression)*
MANUEL DE L'OUVRIER des lignes aériennes télégraphiques et téléphoniques, par L. DROUET, ingénieur en chef des P.T.T. (3^e éd., 1 vol. typogr. 13 x 18, de 254 p. et 158 fig.)..... 18 fr

(1) Cours professé à l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes.

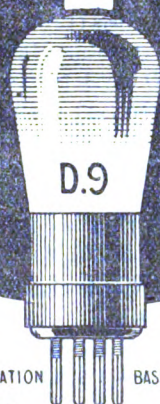
(2) Cours professionnels.

LAMPES DE T.S.F.

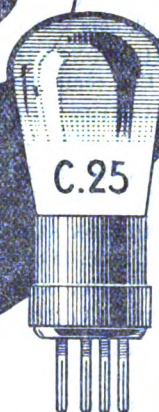
FOTOS



AMPLIFICATION
HAUTE-MOYENNE-BASSE
FRÉQUENCE
DETECTRICE



AMPLIFICATION BASSE FRÉQUENCE



AMPLIFICATION
BASSE
MOYENNE
FRÉQUENCE

NOUVELLE SÉRIE
DE LAMPES DE RÉCEPTION A TRÈS FORTE
ÉMISSION ÉLECTRONIQUE
FABRICATION
GRAMMONT

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

(Suite)

-
- COURS DE T. S. F.** (à l'usage des commis des P. T. T. destinés au service de la T. S. F.), par VEAUX, ingénieur en chef des P. T. T. (1 vol. typogr. de 366 p., 351 fig. et 6 pl.). 35 fr.
- INSTRUCTION SUR LA CONSTRUCTION et l'entretien des lignes aériennes** (1927) (1 vol. relié, de 344 p., 100 fig. dont 1 pl. hors texte), 3^e éd. 18 fr.
- INSTRUCTION PROVISOIRE SUR LA CONSTRUCTION et l'entretien des lignes souterraines** (1924) (1 vol. relié, de 260 p., 122 fig.). 22 fr.
- INSTRUCTION SUR LA COMBINAISON DES CIRCUITS et leur appropriation à la télégraphie et à la téléphonie simultanées** (1921) (1 plaquette reliée de 26 p., 20 fig et 2 pl. hors texte), 2^e éd. 4 fr. 50.
- INSTRUCTION SUR LA PROTECTION des installations télégraphiques et téléphoniques de l'Etat contre les courants industriels** (1918) (1 vol. relié, de 140 p.). 8 fr.
- INSTRUCTION SUR LES ESSAIS et mesures électriques et le relèvement des dérangements de lignes et de postes** (1927) (1 vol. relié, de 188 p. et 42 fig.) 3^e éd. 12 fr.
- INSTRUCTION SUR L'INSTALLATION et l'entretien des postes téléphoniques d'abonnés** (1921) (1 vol. relié, de 64 p. et 22 fig. dont 7 pl.), 2^e éd. 7 fr.
- INSTRUCTION SUR L'INSTALLATION des bureaux télégraphiques principaux** (1919) (1 vol. relié, de 86 p., 64 fig. dont 33 pl.). 10 fr.
- INSTRUCTION SUR L'INSTALLATION de l'éclairage électrique à l'intérieur des locaux** (19.0) (1 vol. relié, de 74 p., 32 fig. dont 3 pl. hors texte). (*En réimpression.*)
- INSTRUCTION SUR L'ENTRETIEN et le réglage des appareils télégraphiques** (1920) (1 vol. relié, de 154 p. et 39 fig.). *En réimpression.*
- LA TECHNIQUE TÉLÉGRAPHIQUE EN FRANCE depuis l'origine**, par R. MONTORIO, inspecteur des P.T.T. (1 vol. typogr., de 240 pages, 113 fig. et 21 portraits hors texte). 4 fr.
- LA POSTE MILITAIRE EN FRANCE** (Campagne 1914-1919), par A. MARTY, inspecteur général des P. T. T., chargé de la Poste militaire aux armées au Grand Quartier Général (1 vol. 16 × 25 de 139 p.). 9 fr.
- CONDITIONS D'INSTALLATION des bureaux de poste, de Télégraphe et téléphone** (une plaquette 13 × 18 de 47 p.). 2 fr. 50.

GAUTHIER-VILLARS, 55, Quai des Grands-Augustins, Paris (6^e) :

DE LA PROPAGATION DU COURANT TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE (THE PROPAGATION OF THE ELECTRIC CURRENTS, par J.-A. FLEMING) : traduit de l'anglais par RAVUT, ingénieur des P.T.T. (1913). — 1 vol. 32 fr.

COURS D'ÉLECTRICITÉ THÉORIQUE (1), par POMEY, Inspecteur général des P.T.T. (1914). — 2 vol. Tome I. 35 fr.
Tome II. 100 fr.

INTRODUCTION A LA THÉORIE DES COURANTS TÉLÉPHONIQUE ET DE LA RADIOTÉLÉGRAPHIE, par POMEY, inspecteur général des P.T.T. (1920) 60 fr.

ANALOGIES MÉCANIQUES DE L'ÉLECTRICITÉ, par POMEY, inspecteur général des P.T.T. (1921). 20 fr.

RADIOTÉLÉGRAPHIE, RADIOTÉLÉPHONIE, RADIO-CONCERTS, par E. REYNAUD-BONIN, ingénieur en chef des P.T.T. — 1 vol. 15 fr.

(1) Cours professé à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes.

SOCIÉTÉ ANONYME DES TUBES DE VALENCIENNES ET DENAIN

CAPITAL : 5.500.000 FRANCS

Siège social et Usine à VALENCIENNES (Nord)

Maison à Paris : 16 bis à 24, Passage d'Angoulême

Tubes soudés et sans soudure pour tous usages

TUBES CARRÉS

pour lignes électriques

Adresser la correspondance à Valenciennes

Téléphone : 117 VALENCIENNES

R. C. Valenciennes 499



LES

CABLES DE LYON

MANUFACTURE DE FILS ET CÂBLES ÉLECTRIQUES
DE LA COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ S. A. CAP 100 MILLIONS

SIÈGE SOCIAL : 54, RUE LA BOÉTIE, PARIS

DIRECTION ET BUREAUX À LYON :

418-420, AVENUE JEAN-JAURES

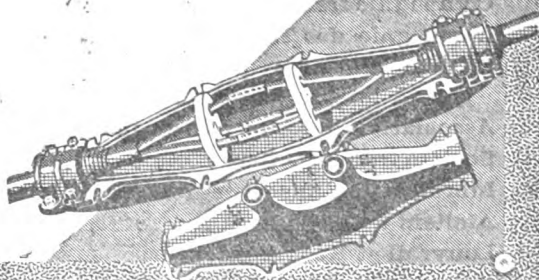
USINES : 41, RUE DU PRÉ GAUDRY, 41

SUCCURSALE À PARIS :

16, RUE DE LA BAUME, 16 — TÉLÉPHONE : ÉLYSÉES 45-98

AINSI QUE DANS LES PRINCIPALES VILLES DE FRANCE

Tous fils et câbles
électriques isolés
Accessoires pour
réseaux souterrains



L'ÉCOLE CHEZ SOI

ORGANE PÉDAGOGIQUE DE L'ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE

Guide pour le choix et la préparation des carrières techniques

REVUE MENSUELLE : 6 Francs par an

ADMINISTRATION ET RÉDACTION

12, rue du Sommerard, PARIS (V^e)

Registre du Commerce de la Seine. N° 4.961.

INDEX

	Pages
DOCUMENTATION	D. 16, D. 17, D. 18, D. 19, D. 20
BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES P.T.T.	10, 12, 14
J. Audibert	2
Compagnie française des câbles télégraphiques	4
Société anonyme Lidgerwood	6
Le Carbone	8
Compagnie des Lampes	8
Grammont	11
Lignes télégraphiques et téléphoniques	13
Ecole Berlitz	15
Forges et ateliers de constructions électriques de Jeumont	16
Société industrielle des Téléphones	17
Société anonyme Siemens-France	18
Compagnie générale transatlantique	18
Le Matériel Téléphonique	19
Grand Bazar de l'Hôtel-de-Ville	20
Etablissements Gaiffe-Gallot et Pilon	20
Société des Téléphones Ericsson	21
La machine à affranchir Havas	22
Compagnie française des Etablissements Gaillard	22
Compagnie des Téléphones Thomson-Houston	23
Société d'Etudes pour liaisons téléphoniques et télégraphiques à longue distance	24
Association des ouvriers en instruments de précision	24
Société française Gardy	25
Librairie de l'Enseignement Technique	26
Ateliers J. Carpentier	27
Louvroll et Recquignies	28
Chauvin et Arnoux	28
Société alsacienne de constructions mécaniques	29
Etablissements A. Meunier, Vergnaud et C ^{ie}	30
Les Câbles de Lyon	31
Société anonyme des tubes de Valenciennes et Denain	31
Ecole spéciale des Travaux publics	III
Société française des Appareils Creed	IV

ANNÉE — N° 5.

MAI 1929.

JUN 19 1929

PRIX : 6 francs.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS
D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3 RUE THÉNARD PARIS, V^e

Prix de l'Abonnement annuel : France..... 60 francs; Étranger.....

Digitized by Google

ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

Revue mensuelle publiée par les soins
d'une commission nommée par
LE MINISTRE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

La commission des *Annales* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs et qui peuvent ne pas refléter la doctrine de l'administration ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

RÉDACTION : 20, RUE LAS CASES, PARIS 7^e.
Téléphone : Ségur 46.43 et 45.59.

Pour tout ce qui concerne les abonnements et la publicité,
s'adresser à l'éditeur :

LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE,
3, rue Thénard, Paris 5^e.

TABLE DES MATIÈRES.

La politique commerciale des principales puissances, par GEORGES BLONDEL (<i>suite</i>), professeur au Collège de France.	401
Le bureau automatique « Carnot », par G. POCHOLLE, J. ROUVIÈRE et A. LABROUSSE, ingénieurs des Postes et Télégraphes	420
Aspect géométrique de la contraction de Lorentz, par J.-B. POMEY	452
Noyaux de bobines Pupin en permalloy, par FRANZ J. DOM- MERQUE	458
BREVETS D'INVENTION	468
REVUE DES PÉRIODIQUES : L'emploi des machines à copier dans la comptabilité télégraphique internationale.	473
INFORMATIONS : Radiotéléphonie entre les Pays-Bas et Java. — Le câble téléphonique Tokyo-Kobé	477
BIBLIOGRAPHIE	481
DOCUMENTATION	D. 21

LA POLITIQUE COMMERCIALE DES PRINCIPALES PUISSANCES,

par Georges BLONDEL,
professeur au Collège de France,

(suite.)

Très désireuse de reprendre son exportation sur les marchés du dehors, l'Allemagne s'est élevée contre les dispositions du traité de Versailles, et a prétendu qu'on voulait l'étrangler.

Les Allemands sont aujourd'hui unanimes à protester contre le rapport de M. Parker Gilbert qui met en relief leur relèvement économique. Ils sont cependant, au sujet de ce relèvement, assez divisés.

Les uns pensent qu'il faut montrer aux autres peuples que l'Allemagne est déjà si bien réorganisée qu'elle doit inspirer pleine confiance. Notre activité économique, disent-ils, atteste l'importance de nos ressources. On peut nous prêter de l'argent sans crainte. L'Allemagne a, en effet, grand besoin de crédits.

Les autres s'efforcent au contraire d'apitoyer les nations étrangères. Ils soutiennent que le plan Dawes les étouffe et qu'ils sont hors d'état de payer ce qu'on leur demande. On voudrait en somme obtenir de nouvelles concessions. C'est la continuation de la tactique adoptée au lendemain du traité de Versailles.

Ce qu'il faut loyalement reconnaître, j'ai pu m'en convaincre au cours de mes derniers voyages, c'est que le développement économique d'un pays, la mise en marche des fabriques ou des usines, est chose plus facile que la reconstitution des capitaux. Quand l'inflation eut pris fin, quand on eut rétabli le mark-or, ce fut une sorte de dessèchement du pays. Depuis cette époque, la reconstitution des capitaux a fait de grands progrès ; elle n'est pas encore satisfaisante. La capacité de production de l'Allemagne est supérieure

à sa capacité de payement. Les fonds de roulement sont insuffisants. Les Allemands, pour s'en procurer, s'adressent aux pays étrangers, à ceux qui ont profité de la guerre et ont d'abondantes disponibilités. Ils s'efforcent naturellement d'obtenir les meilleures conditions possibles au point de vue des intérêts.

Les difficultés de l'heure présente ont eu pour conséquence une aggravation du chômage : il y a maintenant en Allemagne près de 2 millions de chômeurs, et cela produit mauvais effet. La balance commerciale n'est pas bonne ; le protectionnisme des autres nations rend très laborieuse l'application des procédés habituels du dumping, de cette politique du « forçage » qui avait déjà permis à l'Allemagne avant la guerre, de pénétrer sur tant de marchés. Le dumping a des limites. Comme la vie est maintenant très chère, que les prix de revient ont forcément subi le contrecoup de ce renchérissement, les industriels allemands sont embarrassés pour vendre avantageusement leurs produits au dehors. On ne peut demander à un industriel de vendre indéfiniment à perte. Il peut faire momentanément quelques sacrifices ; cela ne peut durer longtemps.

Les courants de la politique commerciale doivent être également étudiés dans d'autres pays. Si la guerre a modifié bien des choses, il y a une chose qu'elle n'a pu changer, c'est la géographie. Les régions dont l'ensemble constitue l'Europe centrale auront toujours, pour ce motif, une grande importance, et cela d'autant plus qu'elles sont traversées par ce grand fleuve, le Danube, qui, prenant sa source à quelques pas de la vallée du Rhin, va se jeter dans la mer Noire, dans ces régions de l'orient dont l'importance est appelée à grandir.

Il y a déjà longtemps qu'on a tenté d'organiser l'Europe centrale au point de vue économique. On a beaucoup écrit sur le problème appelé « Mitteleuropa ». Les Allemands s'y intéressaient vivement. Bismarck ne s'était pas montré favorable ; il craignait que l'Autriche n'en profitât plus que l'Allemagne. Après sa mort, on a redoublé d'ardeur pour étudier les conditions grâce auxquelles, c'était l'espoir des Allemands, le germanisme pourrait conquérir dans l'Europe centrale une situation prépondérante.

La question fut agitée de nouveau pendant la guerre ; plusieurs

congrès se tinrent à Berlin, à Munich, à Vienne, à Budapest. Un publiciste allemand n'hésitait pas à écrire un jour : Si on nous laisse organiser l'Europe centrale comme nous le désirons, acceptons de rendre à la France l'Alsace-Lorraine ; nous aurons des atouts si puissants dans notre jeu que nous pourrions aisément nous imposer au reste de l'Europe. On insista donc sur l'importance que pourrait avoir une organisation qui permettrait au germanisme de s'étendre de la mer du Nord à la mer Noire et au golfe Persique, de créer comme une épine dorsale dans le vieux continent, de dominer ainsi à la fois le monde slave et le monde méditerranéen. Au mois de novembre 1918, ces espérances se sont évanouies et le problème de l'Europe centrale a pris un nouvel aspect. Les Habsbourg étaient parvenus à créer une sorte de bloc politique au sein duquel une vie économique assez intense s'était développée. Toutes les douanes intérieures ayant disparu, les communications se faisaient aisément d'une extrémité à l'autre de la monarchie dualiste. Le ministre hongrois Baross avait, pour le royaume de Hongrie, organisé des tarifs, avec décroissance suivant les distances, qui étaient très ingénieusement rédigés. De sorte que finalement, telle contrée était restée agricole, telle autre s'était industrialisée. On était arrivé à une division du travail qui avait donné de bons résultats. Vienne et Budapest étaient devenus d'autre part des foyers de vie financière très actifs.

L'Autriche une fois désagrégée, on dut constater qu'aucun des Etats nouveaux, des Etats successeurs, comme on les appelle, ne pouvait se suffire à lui-même. On ne pouvait songer à reconstituer l'ancien équilibre détruit ; il a donc fallu chercher des équilibres nouveaux : c'était une tâche difficile ; le problème n'est pas encore résolu. Les Etats successeurs auraient dû, semble-t-il, se rapprocher. Tous reconnaissent l'importance prise par ce phénomène qu'on appelle l'interdépendance des peuples, phénomène sans doute déjà ancien mais auquel la guerre avait donné une plus grande utilité. Mais tous d'autre part, redoutaient de voir compromise par des rapprochements trop étroits, l'indépendance qu'ils venaient de conquérir. Tous redoutaient les conséquences que pourrait avoir la reconstitution sur le terrain économique d'une organisation analogue

à celle à laquelle les Habsbourg étaient parvenus. Tous voulaient aussi être les profiteurs de la guerre, tous étaient défiants les uns vis-à-vis des autres.

L'un des plus importants parmi les nouveaux Etats, la Tchécoslovaquie, semblait, par sa situation géographique même, devoir évoluer plus aisément vers le libre échange. C'était d'ailleurs un pays où l'équilibre entre l'agriculture et l'industrie, était assez satisfaisant ; la grosse affaire pour le gouvernement de Prague, c'était d'assurer la sortie, soit par la vallée de l'Elbe et le port de Hambourg, soit en direction de la Méditerranée par le port de Trieste, des produits manufacturés pour lesquels la Bohême jouit depuis longtemps d'une certaine réputation. On a cru pendant quelque temps que ce pays resterait sympathique à des idées de liberté commerciale. Il fut d'ailleurs le premier à stabiliser sa monnaie. Cette stabilisation qui contrastait avec l'instabilité persistante du régime monétaire des autres pays, semblait devoir être favorable aux idées de liberté. La Tchécoslovaquie n'a pas tardé néanmoins à s'engager dans la voie de la protection.

Aucun des États successeurs ne peut être aujourd'hui regardé comme libre-échangiste. Le protectionnisme vers lequel ils ont évolué paraît en contradiction avec les désirs de rapprochement qui se sont manifestés sous des formes diverses, depuis la fin des hostilités, et avec les recommandations de la Société des nations, qui s'est inspirée elle-même des idées du président Wilson. L'Europe ayant été appauvrie par la guerre, il semblait que les différents peuples devaient être disposés à travailler la main dans la main pour développer une prospérité qui devait être en somme favorable à tous. Les bonnes dispositions, qui se sont traduites par d'éloquents discours, ont été malheureusement paralysées, tout à la fois par de grandes défiances, et par la désastreuse inflation qui a rendu si difficile la rédaction des tarifs ou la confection des traités. Les espérances de ceux qui parlaient de la nécessité de collaborations industrielles et commerciales ont été déçues. La Société des nations qui avait beaucoup de questions à étudier, a trop tardé à comprendre à quel point l'économie domine aujourd'hui le politique. Et le mouvement protectionniste a fait de grands progrès.

Les faits sont souvent plus puissants que les idées. Les populations de l'Europe centrale ont aujourd'hui le sentiment, après dix années d'incertitude et de tâtonnements, pendant lesquels les mécontentements ont grandi, qu'il faudra encore un certain temps pour que chacun des nouveaux Etats trouve, dans les cadres qui lui ont été assignés, l'équilibre dont il a besoin. Le droit de souveraineté des petits peuples, m'ont dit plus d'une fois des hommes animés d'un patriotisme auquel j'ai dû rendre hommage, doit être le même que celui des grands. Nous devons prendre garde de ne pas tomber dans la dépendance des peuples plus puissants ou mieux organisés. La dépendance économique pourrait préparer la voie à une dépendance politique. Des sentiments de ce genre se manifestent, sous des formes variées, dans tous les nouveaux Etats. Ils sont en rapport étroit avec le grand mouvement, l'un des plus importants de l'époque contemporaine, qu'on appelle le réveil des nationalités. Des hommes appartenant à des races très différentes fraternisaient autrefois plus facilement qu'aujourd'hui, d'abord parce que les questions de race ne tenaient pas une aussi grande place dans les esprits, mais surtout parce que les difficultés qui pouvaient surgir entre eux se réglaient d'après le principe de la personnalité des lois, chacun, en cas de conflit, invoquant sa coutume nationale ou sa loi. Il n'en est plus de même. L'idée de race, renforcée le plus ordinairement par la question de la langue, a pris une grande importance ; elle a pénétré les esprits. C'est dans des cadres où la note ethnographique est prépondérante mais où il y a aussi de fortes minorités qu'on cherche à faire collaborer à l'œuvre « nationale », que chaque peuple veut s'organiser. Tous jugent le problème si important qu'ils cherchent instinctivement à se défendre contre des concurrences dont ils pourraient être facilement victimes. On redoute les pays fortement constitués, bien armés, bien outillés, ceux qui, comme l'Allemagne, grâce à de grands cartels, grâce à des méthodes remarquables, comme la rationalisation, grâce à une armée de commis voyageurs, peuvent se lancer sans crainte dans des luttes difficiles. J'ai pu constater que les commis voyageurs allemands inondent de nouveau l'Europe ; ils ont des bases d'opérations dans toutes les villes de quelque importance : on trouve d'ailleurs partout aujourd'hui des

colonies allemandes. Les industriels des nouveaux Etats n'ont pas à leur disposition les agents et les représentants qui leur seraient nécessaires ; ils craignent de passer de nouveau sous la domination économique de l'Allemagne. Ils sont unanimes à dire : c'est un devoir pour nous de nous défendre. Nationalisme et protectionnisme se conjuguent en quelque sorte dans les esprits. Oui ; on a peur de l'Allemagne. On sent qu'elle cherche à reprendre, sous des formes appropriées aux circonstances, sa pénétration au dehors ; elle s'attache de nouveau à ce *Drang nach Osten* qui lui avait permis avant la guerre d'obtenir tant de succès. L'Allemagne est convaincue que les pays de l'Europe centrale et orientale ne sont encore qu'au début d'une phase nouvelle de leur existence. Elle veut tirer le plus de profit possible pour elle-même de l'effort qu'ils font pour s'adapter à la vie générale de l'humanité.

Les difficultés dont nous ne pouvons que donner ici une idée ont été accrues par la défaillance de la Russie. En étudiant avant la guerre la situation économique de l'empire des Tsars, j'avais constaté qu'il était parvenu, comme fournisseur de matières premières et de denrées alimentaires, à jouer un rôle si considérable que son absence, s'il venait à manquer, creuserait un trou qu'on aurait bien de la peine à combler. Je ne pouvais alors prévoir la guerre et les conséquences qu'elle devait entraîner, non seulement pour la Russie, mais aussi pour beaucoup d'autres pays. La carence de la Russie est une gêne considérable pour le rétablissement de l'Europe.

Ce rétablissement est aussi entravé, comme je vous l'ai fait pressentir, par les questions d'argent. Les nouveaux Etats ont tous beaucoup de peine à équilibrer leur budget ; tous ont voulu s'organiser à l'instar des grands pays. Il leur faut pour cela de l'argent, beaucoup d'argent. Je ne citerai qu'un fait : je rappellerai que dans la Yougoslavie, où il y a en ce moment tant d'effervescence, on avait après la guerre créé 18 Ministères avec des commissions, des sous-commissions, des sections, des sous-sections de toutes sortes. Il fallut payer une quantité considérable de fonctionnaires dont quelques-uns étaient d'ailleurs médiocres ; on avait beaucoup de peine à trouver à ce moment des hommes d'une valeur suffisante pour remplacer le personnel austro-hongrois qui était un personnel remar-

quable. Sans doute, me disait alors un de mes interlocuteurs, la Yougoslavie a beaucoup de ressources, mais ce n'est pas du jour au lendemain que notre pays peut être mis en valeur ; il est en retard au point de vue industriel, la répartition du sol y est défectueuse ; il y a pour tirer parti de nos bonnes terres, des travaux de drainage ou d'irrigation indispensables. Nous avons des mines, il faut des capitaux pour les exploiter ; nos routes et nos chemins de fer sont insuffisants ; nous devons organiser le port de Split, puisque nous avons perdu celui de Fiume. Nous demandons beaucoup aux impôts, et ils sont bien lourds pour un pays qui n'est pas riche ; nous avons d'énormes impôts directs ; ils sont si lourds qu'il a fallu chercher du côté des impôts indirects, et parmi ces derniers on a pensé que les taxes douanières seraient plus aisément supportées parce qu'on a le sentiment qu'elles sont payées en partie par les vendeurs, par ceux qui cherchent à faire pénétrer leurs marchandises dans notre pays. Les exportateurs étrangers sont obligés d'abaisser leurs prix s'ils veulent conquérir les marchés et triompher des obstacles que nous leur imposons. Les taxes douanières nous empêchent de trop acheter au dehors, nous devons prendre garde aux conséquences que pourrait avoir une pénétration exagérée de produits exotiques. Les droits de douane figurent en somme, pour une part importante, dans nos budgets : ceux mêmes qui les trouvent excessifs et demandent des réductions ou des suppressions ne savent pas ce qu'ils doivent proposer pour les remplacer (1).

Partout, en définitive, dans les différents pays de l'Europe centrale, on considère que les taxes douanières sont utiles pour empêcher ces pays de passer sous la tutelle de pays voisins. On peut donc dire que l'idée de protection est maintenant universelle. Il est à peine besoin de rappeler à quel degré elle est arrivée en Italie et en Espagne. La note protectionniste apparaît aussi maintenant dans les pays scandinaves, qui tous, sont protectionnistes ; ils ont cependant gagné beaucoup d'argent pendant la guerre.

1. N'avons-nous pas vu en France beaucoup de villes conserver leurs octrois parce qu'elles ne savaient pas comment les remplacer.

*
* *

On ne peut étudier les problèmes de politique commerciale sans parler des États-Unis. Les États-Unis possèdent maintenant la moitié de tout l'or du monde ; ils en ont sans doute depuis quelque temps envoyé un peu en Europe ; on ne peut tout de même pas évaluer à moins de 500 milliards de dollars la fortune de la grande république américaine. Comment ne pas se dire que les Américains pourraient, sans se gêner beaucoup, faire le sacrifice de quelques centaines de millions de dollars pour imprimer s'ils le voulaient, à des problèmes qui ont pour eux une grande importance, telle direction qu'ils estimeraient avantageuse. Les Américains ont assurément de grandes qualités. Il y a parmi eux des hommes très énergiques et très laborieux ; c'est par des qualités d'énergie, par un esprit d'initiative auquel il faut rendre hommage, que certaines fortunes qui nous impressionnent se sont constituées. Les États-Unis ont toutes les variétés de sols, de climats, de productions possibles, et si on laisse de côté la Russie, ils sont plus étendus que tous les autres pays de l'Europe réunis. On a pu dire avec raison qu'ils constituent le pays des possibilités indéfinies, *das Land der unbegrenzten Mæglichkeiten*. Interprétant à leur façon la doctrine de Monroe, les Etats-Unis essaient depuis longtemps de se suffire à eux-mêmes. Nous avons été quelque peu étonnés en 1917 de les voir entrer dans la guerre . Il a fallu pour les déterminer, l'affaire fameuse du « Lusitania », Ils ont eu le sentiment qu'ils pourraient en tirer profit. Ils se sont d'ailleurs battus avec courage. Ils nous ont rendu des services que nous n'oublierons pas. Au 11 novembre 1918, il y avait plus de 2 millions d'Américains sur le sol de la France ! Les Américains ont été surpris à ce moment de la promptitude avec laquelle nous acceptions l'armistice. Habités aux grandes distances ils auraient souhaité que la paix fut faite à Berlin. Nous connaissons les Allemands, me disait un officier Américain, nous en avons 18 millions chez nous, il faut maintenant aller chez eux, il faut terminer la guerre par une grande victoire.

Quand les hostilités furent arrêtées les Américains manifes-

tèrent leur générosité en offrant de mettre à la disposition de l'Europe épuisée des sommes qui s'élevaient à plusieurs milliards de dollars. Montrons-nous généreux, disait à ce moment un rédacteur de la revue *Outlook*, nous avons tant d'atouts dans notre jeu que nous sommes sûrs dans le nouvel équilibre du monde qui se prépare d'occuper une forte situation. Prêtons de l'argent à l'Europe, soyons larges au point de vue des intérêts et des délais de remboursement, nous y trouverons notre profit. Pourquoi, disait un autre, ne faites-vous donc pas maintenant les Etats-Unis d'Europe ? Vous nous reprochez de faire du protectionnisme à l'égard du vieux monde ; mais dans l'intérieur de notre grande république, nous n'avons pas de douanes, faites donc comme nous. Il était facile de répondre à cette observation. La mosaïque européenne ne ressemble guère aux Etats-Unis. L'Amérique est un pays neuf. Celui qui vient s'y établir, que ce soit un Français ou un Anglais, un Allemand ou un Italien, un Japonais ou un Chinois, arrive dans un cadre qui lui plaît il sait à l'avance qu'il doit s'adapter à certaines exigences. Les pays de la vieille Europe sont au contraire des pays qui depuis des siècles ont une vie propre et qui ont pris peu à peu conscience d'eux-mêmes et ne veulent pas se fusionner. Il y a dans notre vieux continent une quantité considérable de « consciences nationales ». Rien de semblable aux Etats-Unis. Le président Wilson qui connaissait fort peu l'Europe, pensait que les choses pourraient s'arranger bien plus aisément. Il y a, disait-il, aux Etats-Unis, des races très différentes qui sont vite arrivées à s'entendre. Pourquoi n'en serait-il pas de même en Europe ? Le président Wilson a cru un instant que l'Europe pouvait être organisée comme les Etats-Unis. Il n'a pas tardé à voir que de profonds désaccords existaient entre des pays qui lui semblaient si petits, qu'il trouvait leurs velléités d'indépendance absurdes. Beaucoup d'Américains furent étonnés, comme leur président, par le spectacle des difficultés qui surgirent à ce moment, si étonnés que l'un d'eux alla un jour jusqu'à écrire : l'Europe nous dégoûte, les Européens se querellent constamment, c'est dans l'anarchie que paraissent se complaire ces gens-là. Le sénateur Lodge mort récemment, disait en termes plus modérés : Par la force des choses, un grand conflit existe maintenant entre le vieux

monde et le nouveau. Nous avons de si bonnes armes entre les mains que nous pouvons être sans crainte, nous sommes sûrs de triompher. La puissance à laquelle les États-Unis sont parvenus doit en effet nous inspirer de sérieuses réflexions. Ce sont les Américains qui ont joué le rôle prépondérant dans les délibérations du Comité des experts.

L'Angleterre est justement préoccupée. Joseph Chamberlain disait il y a quelques années : Grâce à nos dominions dont l'ensemble constitue un empire de plus de 400 millions d'habitants, nous pouvons lutter victorieusement contre les États-Unis. Mais ces dominions, au point de vue de la politique commerciale, ne s'entendent qu'imparfaitement avec la mère patrie. L'Angleterre ayant évolué vers le protectionnisme, il a fallu se contenter vis-à-vis d'eux du régime qu'on appelle le régime de la préférence impériale. Le gros problème à résoudre consiste à maintenir une certaine unité économique de l'empire britannique tout en accordant aux dominions (au point de vue administratif au moins) de larges autonomies.

C'est à un vent de protectionnisme que se heurtent en somme aujourd'hui ceux qui espéraient au lendemain de la guerre réaliser sur le terrain de la liberté, l'équilibre économique entre les nations. L'expérience prouve qu'il ne peut y avoir de paix dans le sens complet du mot sans une harmonie satisfaisante dans les rapports commerciaux entre les peuples.

Des hommes de valeur travaillent depuis plusieurs années à cette harmonie désirable. Dès l'année 1920, sous l'action de louables initiatives, a été créée une *chambre de commerce internationale*. Les discussions auxquelles se sont livrés les industriels et les commerçants qui en font partie ont été très instructives ; elles ont contribué à faire la lumière sur un certain nombre de points. Il a tout d'abord fallu reconnaître que le libre échange, préconisé jadis par Frédéric Bastiat et par les économistes qui s'inspirèrent de ses doctrines, est présentement irréalisable. Mais il n'est pas impossible, comme l'a demandé l'un des présidents, de couper quelques-uns des « fils de fer barbelés » qui séparent aujourd'hui les peuples. On a constaté qu'il y a encore, soit à l'importation, soit à l'exportation, des prohibitions qui peuvent être aisément supprimées. Il y a

encore beaucoup de taxes douanières dont on peut dire qu'elles sont vraiment vexatoires. Les raisons d'ordre fiscal par lesquelles on cherche à les défendre sont, après tout, des raisons secondaires. Les importations de choses que ne peut produire un pays déterminé, ne compromettent pas ses industries nationales, ce ne sont pas des « mesures de défense ». Leur suppression ne porterait aucune atteinte à cette idée de souveraineté à laquelle on est si attaché partout.

Que de progrès pourraient être aussi réalisés dans le domaine des nomenclatures douanières. Les nôtres sont criticables, n'avons-nous pas tort de nous attacher, comme nous le faisons depuis 1791, à l'idée des trois règnes de la nature : règne animal, règne végétal, règne minéral ? Nous sommes arrivés à des rapprochements singuliers. Le miel voisine avec le cirage, les sabots et les balais avec l'ébénisterie, les plumes d'autruche avec les conserves, etc.

L'Office de statistique et les comités d'experts, créés à l'instigation de la Chambre de commerce internationale, ont, d'autre part, entrepris des enquêtes qui seront fort utiles. On peut arriver par exemple, à déterminer avec une grande approximation, les quantités de charbon qui peuvent être facilement exploitables dans les différents pays du monde. On peut faire des relevés analogues pour les engrais dont l'importance, au point de vue du rendement des cultures, augmente de jour en jour. On peut arriver à connaître, d'une façon approximative, l'importance de certains minerais, du minerai de cuivre, par exemple, devenu depuis l'électrification, une matière première indispensable. On peut se rendre compte des conséquences qu'entraîne, au point de vue des approvisionnements en laine, la diminution du troupeau de moutons en Europe et mettre en lumière les contrecoups de ce fait que les nations européennes doivent chercher en Australie la plus grande partie de la laine dont elles ont besoin. On n'a pas étudié, comme il le fallait, au lendemain de la guerre, le problème de la répartition des matières premières. Cette étude était cependant nécessaire pour la reprise d'une vie économique normale dans l'Europe transformée.

La Chambre de commerce internationale s'est aussi préoccupée de savoir dans quelle mesure la guerre a modifié les possibilités de production et de consommation des différents pays, dans quelle

mesure l'appauvrissement de certaines contrées a entravé l'essor de régions qui auraient pu devenir, au point de vue économique, très importantes pour l'Europe tout entière.

A l'effort de la Chambre de commerce internationale s'est ajouté celui de plusieurs congrès. C'est ainsi qu'au congrès qui, sous le nom de Congrès *Paneuropa*, se réunit à Vienne, au mois d'octobre 1927, à l'instigation du comte de Coudenhove Kalergi, on s'est demandé comment on pourrait parvenir à la formation d'une conscience européenne. L'heure est venue, a-t-on dit, où il faut qu'une âme européenne se superpose aux consciences particulières de chaque pays. Il est malheureusement difficile de former cette âme commune qui devrait rendre inoffensives les oppositions qui existent encore entre les hommes de races différentes. Comment entrevoir en ce moment une âme commune aux Polonais et aux Allemands, les uns unanimes à demander un changement dans la frontière qui sépare les deux nations, les autres unanimes à en demander le maintien.

Le congrès qui s'est réuni, à Vienne également, sous le nom de *Mitteeuropäische Wirtschaftstagung*, s'est contenté d'étudier l'Europe centrale (c'est déjà un vaste champ d'étude) et s'est borné à proposer quelques mesures pratiques, notamment au point de vue des transports, pour reconstituer la vie économique que la désagrégation de l'Autriche a fortement ébranlée.

La Société des nations s'est émue à son tour des dangers que peuvent faire encourir à l'Europe les barrières qui se sont dressées entre les peuples. Faut-il lui reprocher de ne pas avoir suffisamment compris, quand les hostilités ont pris fin, que c'étaient les questions économiques qui allaient devenir prépondérantes? On peut dire, à sa décharge, que les hommes d'Etat qui ont élaboré les traités, en 1919, ne pouvaient pas pressentir, à ce moment, ce qui devait arriver peu à peu. Ils ne supposaient pas, après les déclarations du président Wilson, que le protectionnisme se maintiendrait. Ils n'avaient d'ailleurs pas la prétention de donner un « statut commercial » à l'Europe. Il s'agissait de rédiger des traités politiques réglant « pour toujours » (l'idée de perpétuité s'attache à tous les traités de paix), les rapports des vainqueurs avec les vaincus. Les traités

de 1919 n'avaient nullement pour but de régler les rapports des alliés les uns avec les autres, pas plus que les relations qui devaient se former entre les Etats successeurs. Il fallait avant tout empêcher l'Allemagne de se trouver au point de vue économique dans une situation trop forte vis-à-vis des autres nations européennes, surtout vis-à-vis de la France qui avait tant souffert, qui avait vu quelques-uns de ses départements les plus riches presque ruinés. Comme on avait le sentiment que, pour les remettre en état, un gros effort pécuniaire serait nécessaire, que la France allait être très gênée pendant un certain nombre d'années, on ne voulait pas que l'Allemagne put profiter de cette situation. Les Allemands disaient eux-mêmes qu'ils espéraient par une victoire économique se consoler de leur insuccès sur le terrain militaire. On voyait bien que l'Allemagne, avec sa forte natalité, entendait reprendre les positions qu'elle avait perdues; on savait que pendant la guerre, elle avait poussé un grand nombre de jeunes gens de 15, 16, 17 ans, trop jeunes pour se battre, vers les écoles techniques, industrielles ou commerciales, et qu'elle avait à sa disposition une armée de jeunes gens capables de l'aider à reprendre au point de vue commercial une forte situation. Les négociateurs du traité de Versailles ont inséré dans le traité des clauses commerciales, des clauses qui n'interviennent ordinairement que dans les traités de commerce. Mais ils crurent devoir pour leur application fixer un délai très court. Ils pensaient qu'au bout de 5 ans, la vie économique de l'Europe serait rétablie. Nous souffrons encore aujourd'hui des illusions que beaucoup d'hommes intelligents se sont faites alors. On n'a pas vu immédiatement à quel point la guerre avait bouleversé la vie économique de l'Europe et les relations entre les peuples. Quelle illusion de croire qu'en si peu de temps elles pourraient se rétablir.

La Société des nations, à l'instigation de la France, s'est décidée, il y a deux ans, au mois de mai de l'année 1927, à créer un Comité économique. Ce Comité économique s'est réuni à Genève. Il a depuis cette époque, étudié les meilleurs moyens de rétablir de bonnes relations économiques entre les peuples. On a parlé de l'utilité qu'il y aurait à créer des « Etats unis d'Europe ». Cette idée paraît être encore une utopie. Les Américains n'ont pas cependant complète-

ment tort lorsqu'ils disent : « Vous avez voulu établir, dans l'intérieur de l'Europe, pour des unités territoriales très petites, des mesures de protection qui se comprennent pour un groupement aussi important que le sont les Etats-Unis, mais qui ne se justifient pas pour de petits pays de quelques millions d'habitants. Votre protectionnisme est absurde. Le nôtre s'explique fort bien ; nous avons des ressources si variées.

Il faut répondre aux Américains qu'à côté du facteur économique, celui qui a pour eux le plus d'intérêt, il y a un facteur historique, dont les Européens ne peuvent faire abstraction. Les mésintelligences qui existent entre les peuples européens tiennent à ce que tous ont derrière eux un passé séculaire. Beaucoup d'entre eux ont vécu sous des oppressions plus ou moins rigoureuses. Tous veulent aujourd'hui s'épanouir dans la liberté, Tous veulent éloigner à jamais la possibilité de retomber sous une domination quelconque, fût-ce simplement une tutelle économique.

Quand on considère dans leur ensemble les difficultés auxquelles se heurte la reprise des relations commerciales entre les peuples, on arrive à cette conclusion que le meilleur moyen de s'entendre doit être recherché dans les traités de commerce, ou dans des arrangements analogues, dans des « *modus vivendi* » (on emploie fréquemment cette expression). La confection des traités de commerce est chose délicate. C'est une question d'art politique de trouver la juste mesure entre la liberté et la protection. C'est au génie des hommes d'état qu'il appartient de voir dans quelle mesure il faut éviter ce qui pourrait porter atteinte à une indépendance légitime, dans quelle mesure, au contraire, il faut renoncer à des taxes douanières qui sont une menace pour la paix.

Le jeu des clauses qu'on peut introduire dans les traités de commerce est très compliqué. Il y a des clauses de réciprocité. Il y a des clauses de parité. Il y a la clause de la nation la plus favorisée.

La clause de réciprocité correspond à l'ancienne idée anglaise du *fair-trade*, remplaçant le *free-trade*. Cette clause tend à accorder dans la mesure où celui-ci accepte de l'accorder lui-même, un régime favorable à l'un des contractants. Il s'agit de concéder à chacun des avantages à peu près équivalents.

La clause de parité est la clause en vertu de laquelle les étrangers sont dans un autre pays placés sur le même pied que les nationaux. Je constatais dernièrement en Tchécoslovaquie que les 3.200.000 Allemands qui habitent ce pays entendent que les Allemands y jouissent des mêmes droits que les Tchèques, revendication très importante au point de vue de la constitution politique et sociale. C'est une question très délicate de savoir si l'on peut admettre que les étrangers soient sur le même pied que les nationaux.

La clause de la nation la plus favorisée, qui était devenue de style avant la guerre, a un peu perdu de son prestige. C'est celle que nous appliquons dans nos rapports avec l'Allemagne depuis le 25 avril 1928. Les Allemands, après s'être donné un nouveau tarif douanier assez élevé, veulent, par la clause de la nation la plus favorisée, reprendre le plus largement possible, leurs relations avec tous les pays du monde.

Les traités de commerce peuvent être considérés comme un acheminement vers des rapprochements qui ressemblent à des unions douanières partielles. On peut citer aujourd'hui quelques ententes qui se sont réalisées d'une façon curieuse. Ainsi, les six républiques de l'Amérique centrale : Guatemala, Honduras, San Salvador, Nicaragua, Costa-Rica et Panama, se sont entendues pour supprimer les barrières douanières. Ces six républiques ont une superficie totale de 494.000 kilomètres carrés, presque aussi grande que celle de la France ; l'union douanière facilite leur essor. Une union analogue s'est faite entre l'Esthonie et la Lettonie : il n'y a plus de barrières douanières entre ces deux pays.

L'Allemagne a obtenu que la Lithuanie entre dans son système douanier ; ce sont des raisons politiques qui ont joué le principal rôle, la Lithuanie est le chemin entre l'Allemagne et la Russie. Et comme l'Allemagne et la Pologne ne s'entendent pas, l'annexion de la Lithuanie à l'Allemagne au point de vue douanier permet une jonction très désirée entre les Russes et les Allemands.

Cette union douanière provoque les craintes des Etats slaves qui redoutent l'action du germanisme si dominateur. Aussi parle-t-on de reconstituer la confédération danubienne. Il ne serait pas impossible de compléter la « petite entente politique » par une

petite entente économique, c'est-à-dire une entente entre Tchéco-Slovaquie, Roumanie et Yougoslavie ; la Pologne pourrait un jour s'y adjoindre. Les négociations sont en bonne voie. Nous pouvons souhaiter qu'elles aboutissent.

Les Allemands s'occupent de ces questions avec beaucoup d'ardeur ; l'un d'eux publiait récemment un livre dont l'idée fondamentale est la suivante : « Nous devrions organiser une entente avec tous les peuples qui accepteraient de graviter autour de l'Allemagne ». Les peuples de l'Europe centrale doivent s'entendre avec nous comme la république d'Autriche qui est déjà économiquement et juridiquement annexée à l'Allemagne, comme la Hongrie, comme les pays scandinaves qui sont bien disposés. Il faut arriver à former une union englobant la plus grande partie de l'Europe centrale.

L'une des questions les plus discutées en ce moment est la question de savoir si dans les traités qu'on conclut avec tant d'ardeur, il faut s'attacher à l'idée d'un tarif à double colonnes : maximum, minimum, ou s'il faut préférer le tarif unique. C'est comme adoucissement au tarif unique qu'on ferait les traités et les conventions.

L'idée d'un tarif maximum et minimum est celle à laquelle la France s'est attachée en 1892. Il nous a été commode pour les négociations d'avoir à côté du tarif maximum élevé, un tarif minimum comportant des réductions. Nous avons augmenté, en 1910, l'écart entre les deux tarifs, et nous avons accordé la clause de la nation la plus favorisée à tous les pays bien disposés à notre égard. Cette pratique a beaucoup facilité les tractations.

La clause de la nation la plus favorisée n'a pas donné tous les bons résultats qu'on avait espérés. Beaucoup d'hommes politiques prétendent qu'il vaut mieux avoir un tarif unique assez élevé — c'est la solution adoptée par l'Allemagne en août 1927, — et c'est alors à côté de ce tarif qu'on pourrait organiser suivant les pays des tarifs conventionnels, annexés aux traités de commerce. Ces tarifs pourraient être adaptés aux situations particulières des pays avec lesquels on contracte.

Cette solution paraît théoriquement la meilleure. Elle nécessite des études minutieuses. Il est très difficile de savoir dans quelle mesure les concessions faites à un pays pourront modifier sa situa-

tion. Il faudrait même pouvoir calculer les réactions qui se produiront sans doute vis-à-vis de pays étrangers aux traités, mais qui pourront tantôt être incités à produire des choses pouvant entrer en concurrence, tantôt être paralysés pour certaines de leurs productions.

On peut dire que les tarifications qui sont incorporées maintenant aux traités se font, dans une très large mesure, en fonction des négociations engagées. Ce fait frappe tous ceux qui étudient nos rapports avec l'Allemagne. C'est en fonction de négociations qui ont pour l'avenir une extrême importance, que s'est effectué au mois d'août dernier le travail de refonte de notre tarif douanier. Le travail est provisoire. Il faut que nous arrivions à un tarif définitif.

Les relations commerciales peuvent en tout cas être facilitées par ces ententes internationales, qu'on appelle volontiers « cartels internationaux ». Ce sont des ententes privées entre industriels. On peut citer : le cartel de l'acier, dont on a beaucoup parlé, le cartel de l'aluminium, le cartel du linoléum. Les cartels internationaux ne peuvent se faire dans tous les domaines ; mais là où on peut les mettre sur pied c'est chose utile. Ils peuvent être particulièrement avantageux aux petits pays ; ce sont les petits pays qui souffrent le plus, en réalité, du protectionnisme. Ils se font quelques illusions en s'imaginant que de hautes barrières de douane les aideront à arriver plus vite aux équilibres qui leur sont nécessaires. Les cartels internationaux peuvent empêcher un grand nombre d'industriels et de commerçants, pleins de bonne volonté, de travailler « en ordre dispersé ». Et depuis dix ans, l'Europe travaille en ordre dispersé ; il n'y a pas de coordination dans les efforts. Il faut maintenant, après les expériences qui ont été faites, adapter mieux qu'on ne l'a fait la production aux possibilités de la consommation. Il n'est pas douteux qu'on a fabriqué trop de choses de luxe, trop de choses inutiles, et souvent pas assez de choses utiles. Il y a un domaine où il n'y a pas de surproduction : c'est le domaine agricole. On aurait dû porter sur l'accroissement des rendements une partie de l'effort qui s'est porté sur la production industrielle. Un accroissement de la production agricole aurait fait baisser le coût de la vie.

Il faut se dire au surplus qu'il est impossible de mettre sur un

pied d'égalité absolue, comme l'avait demandé Wilson, les différents pays. L'égalité, ce n'est pas l'équité. Il y a des peuples qui ont souffert de la guerre, qui ont été dévastés, il y en a d'autres qui n'ont pas souffert, qui ont même été les profiteurs de la guerre. Il y a des peuples qui ont des ressources naturelles infiniment plus grandes que d'autres. Dire : « Il faut que tous ces peuples soient sur le pied d'égalité », c'est une utopie. Les Anglais se sont emparés de cette formule, ils demandent qu'on travaille à sa réalisation, ils pensent que cette égalité leur serait favorable. Ils espèrent, comme il y a toujours beaucoup de chômage en Angleterre, écouler une partie de leurs produits.

Les problèmes de politique commerciale ne sont pas insolubles, mais ils sont très compliqués. J'estime pour mon compte qu'aucun des procédés auxquels je viens de faire allusion ne doit être systématiquement écarté : traités de commerce, ententes internationales, rapprochements divers sous l'influence soit de la Chambre de commerce internationale, soit des congrès au cours desquels des hommes de haute valeur échangent leurs réflexions et se demandent quels sont les meilleurs moyens d'arriver à la paix économique, tout cela est bon, tout cela est favorable à cette fraternité humaine qui aurait dû s'accroître plus vite au lendemain d'une guerre qui avait provoqué tant d'animosités et fait tant de désastres.

La France, quoique sa balance commerciale ne soit pas pleinement satisfaisante, reste dans une bonne situation. La France est un des pays les mieux équilibrés du monde : la moitié de la population française est une population rurale, laborieuse et au sein de laquelle l'aisance s'est généralisée. L'autre moitié de notre population se compose d'industriels, de commerçants, d'employés et d'ouvriers. Il y a aussi une bonne proportion de représentants des carrières dites libérales. Il y a peu de pays où les différentes catégories sociales soient mieux équilibrées. Ajoutons qu'il y a en France une proportion assez convenable de grands, de moyens, de petits domaines ; une proportion assez convenable de grands, de moyens, de petits industriels ; de grands, de moyens, de petits commerçants. Nous sommes, comme tous les peuples, en présence de sérieuses difficultés. La faiblesse de notre natalité nous expose à de graves dangers pour l'a-

venir. Nous sacrifions trop facilement l'intérêt général à des intérêts particuliers. La reprise d'une vie commerciale satisfaisante ne peut avoir lieu sans des efforts proportionnels aux résistances qu'il faut surmonter. Et c'est une lutte de volonté et d'intelligence qui est maintenant la principale forme de combat entre les peuples. Les Français doivent comprendre que dans les luttes pacifiques qui se déroulent maintenant entre les peuples, l'avenir appartiendra à ceux qui auront le plus grand nombre de travailleurs bien préparés dans tous les champs de l'activité humaine. Le devoir d'agir s'impose à nous avec d'autant plus de force que nous avons les qualités nécessaires pour réussir. Il faut que la France, après les épreuves par lesquelles elle a passé, trouve la situation à laquelle ses qualités nationales et les traditions laborieuses auxquelles elle reste toujours fidèle, lui permettent de prétendre.

LE BUREAU AUTOMATIQUE « CARNOT »,

par G. POCHOLLE, J. ROUVIÈRE et A. LABROUSSE,
Ingénieurs des Postes et Télégraphes.

La période de transformation du réseau téléphonique de Paris en automatique s'est ouverte, le 22 septembre dernier, par la mise en service du central automatique « Carnot » ; les *Annales* en ont rendu compte sous la signature de M. Reynaud-Bonin, directeur des Services téléphoniques de Paris ⁽¹⁾, qui avait exposé ici même, quelques mois plus tôt ⁽²⁾ le programme de la transformation.

Nous nous proposons d'étudier ici les modes d'exploitation prévus en réseau automatique et les dispositions prises en vue d'assurer pendant la période de transformation, la liaison entre les nouvelles installations d'une part et les bureaux manuels de Paris et de sa banlieue d'autre part ; nous décrirons les moyens techniques par lesquels le but que l'on s'est proposé a été ou sera atteint, et nous signalerons les quelques modifications apportées aux dispositifs bien connus du système Rotary en vue de l'adapter aux conditions particulières qu'impose la physionomie propre du réseau de Paris.

Le premier article ⁽³⁾ sera consacré à l'étude des communications établies par voie entièrement automatique. Dans deux articles ultérieurs ⁽⁴⁾, nos lecteurs trouveront l'étude des liaisons entre les installations automatiques et les installations manuelles, ainsi que l'exposé des méthodes adoptées pour acheminer les communications entre Paris et sa banlieue.

1. *Annales des P. T. T.*, novembre 1928.

2. *Annales des P. T. T.*, mai 1928.

3. De MM. G. Pocholle et A. Labrousse.

4. De MM. J. Rouvière et A. Labrousse.

I. ÉTABLISSEMENT DES COMMUNICATIONS EN RÉSEAU AUTOMATIQUE.

Le système de téléphonie automatique employé à Paris est un système à commande indirecte avec traduction. L'établissement

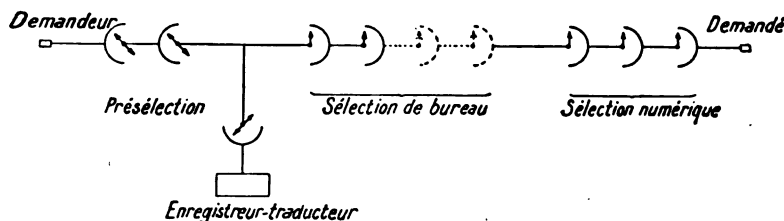


Fig. 1. — Diagramme d'une communication en réseau automatique.

d'une communication (fig. 1) comprend trois phases distinctes, indépendamment de la présélection :

- 1° Réception des signaux envoyés par l'abonné et traduction,
- 2° Sélection du bureau demandé et sélection numérique,
- 3° Conversation, comptage et libération.

Emission de l'appel. — On sait que le disque d'appel utilisé à Paris porte à la fois des lettres et des chiffres. Pour obtenir une communication urbaine, l'abonné, après avoir décroché l'appareil et perçu le *signal de manœuvre* (bourdonnement continu), compose le numéro qu'il désire en envoyant successivement les trois premières lettres du bureau de l'abonné demandé (indicatif) et les quatre chiffres de son numéro. La manœuvre est la même si l'abonné demandé est relié à l'un des bureaux de la zone à taxe double, composée d'une double couronne de communes limitrophes de la ville de Paris. Le Régional, l'Interurbain et les différents services accessibles aux abonnés (renseignements, réclamations, etc...) s'obtiennent par l'envoi d'un numéro à deux chiffres (Interurbain : 10 ; Régional, II, etc...).

Présélection. — La présélection par deux étages de chercheurs ne diffère pas de celle qui est employée habituellement dans les installations Rotary. La seule particularité à signaler est la capacité

des groupes primaires, qui comprennent dix-huit chercheurs avec place pour vingt-deux ; à hauteur égale, la baie de chercheurs

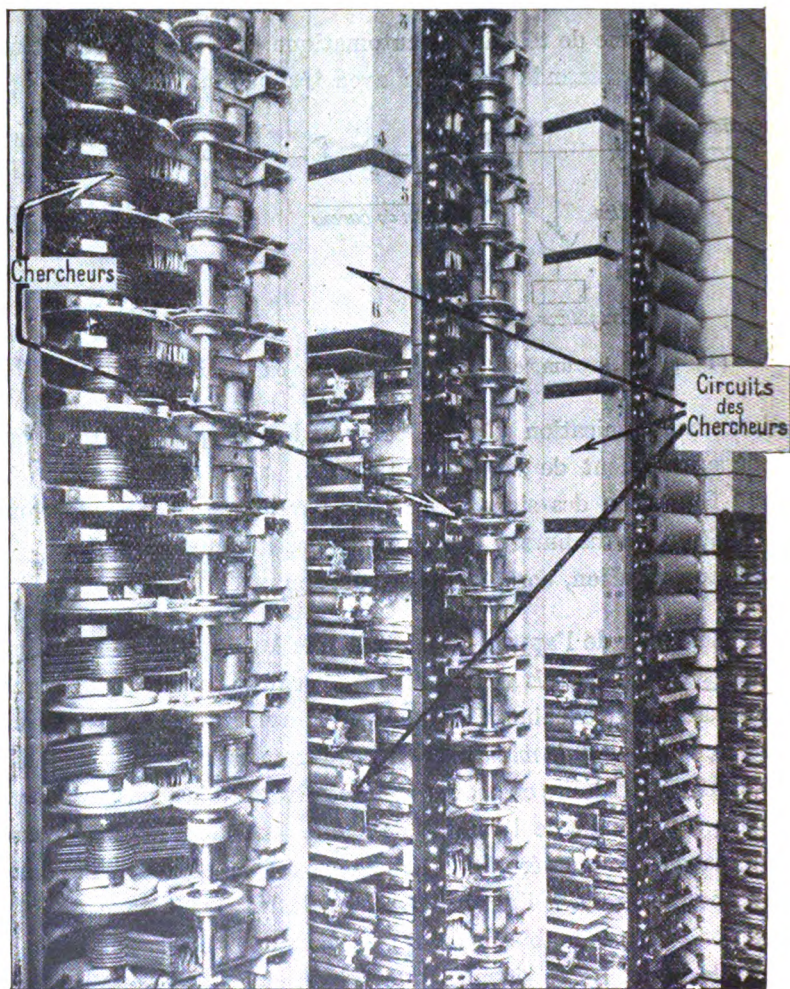


Fig. 2. — Baies de chercheurs primaires.

primaires de Paris est plus large que celle de Nantes ou de Bruxelles et les relais des circuits de chercheurs sont placés à côté des appareils, au lieu d'être groupés au dessous des relais d'appel et de coupure (fig. 2).

Réception et traduction. — Le principe de la traduction et ses multiples avantages sont bien connus. Nous nous bornerons à décrire l'enregistreur-traducteur de Paris, qui diffère assez sensiblement des organes traducteurs employés jusqu'ici, et en particulier, du *directeur* de Londres.

A Paris, tous les enregistreurs traducteurs d'un même bureau sont identiques, et peuvent traiter indifféremment toutes les communications. Chacun des signaux émis par l'abonné, lettre ou chiffre, est reçu sur un commutateur rotatif du type *pas à pas*. A la fin de l'envoi de l'indicatif, le bureau demandé est caractérisé par la combinaison des orientations de trois commutateurs différents. L'indicatif est aussitôt transféré sur un commutateur spécial, appelé *traducteur* dont chaque azimuth correspond à un bureau du réseau. Un répartiteur dit *de réception* est placé entre les commutateurs de réception et le traducteur, ce qui permet de réduire la capacité de ce dernier au nombre des bureaux existants, nombre plus faible, actuellement, que celui des combinaisons possibles.

Equipement du traducteur. — Le traducteur se compose de deux chercheurs à entraînement mécanique, de chacun cinquante points, qui jouent le même rôle qu'un chercheur unique à cent points (le nombre des combinaisons utilisées est d'environ quatre-vingts). La place de deux chercheurs supplémentaires est ménagée dans l'installation, ce qui permettra d'atteindre le nombre de deux cents combinaisons.

Le répartiteur de réception et le répartiteur de traduction proprement dit, ou *répartiteur de sélection*, sont réunis en un ensemble qui comprend les deux chercheurs du traducteur séparés par un arc de broches. Du côté de la réception, les broches des commutateurs rotatifs sont reliées à demeure à certaines broches de l'arc, et des jarretières sont passées entre l'arc et le banc des chercheurs. Du côté de la sélection, les organes de contrôle de la sélection (dix paires de relais) sont également reliés à demeure à d'autres broches de l'arc, et des jarretières sont passées entre l'arc et le banc des chercheurs. Huit ensembles sont réunis sur une même baie, placée entre deux baies de chacune quatre enregistreurs sur lesquelles se trouvent les combineurs, les relais et les commutateurs rotatifs (fig. 3).

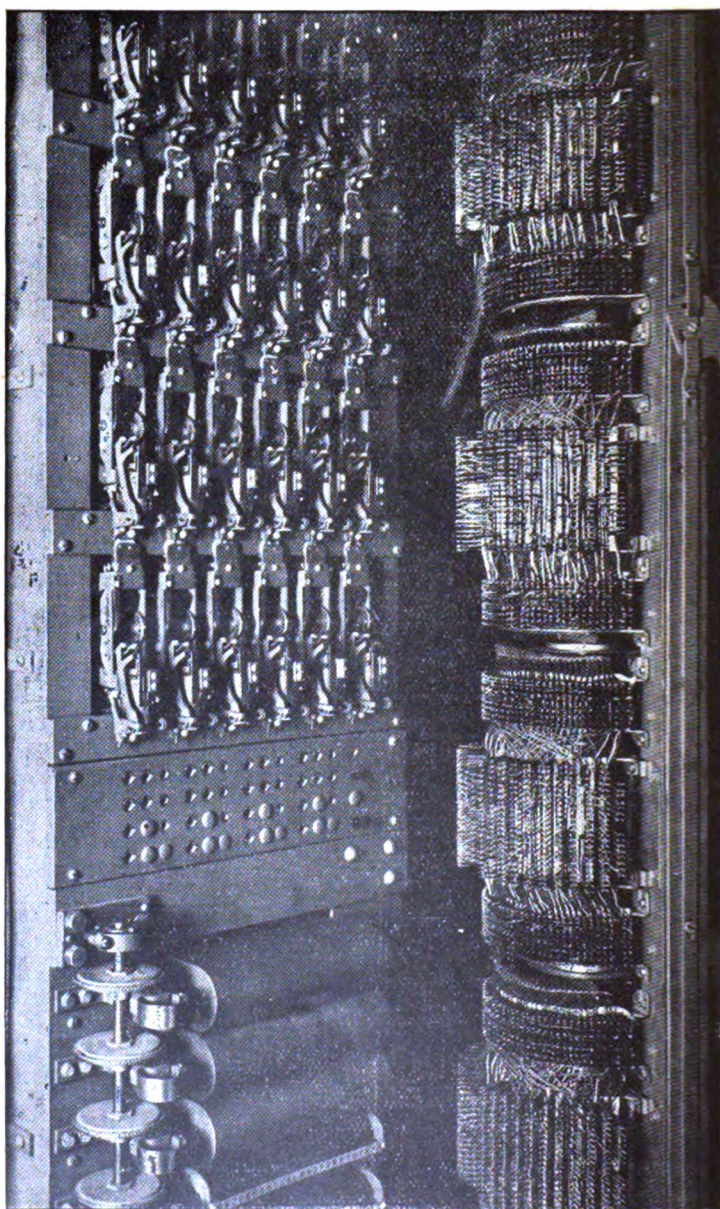


Fig. 3. — Enregistreur-traducteur.

Chaque circuit comprend : 1° une rangée horizontale de six commutateurs rotatifs
2° deux combineurs ; 3° une boîte de relais ; 4° un traducteur.

Circuit du traducteur. — Le transfert de l'indicatif est réalisé par un circuit très simple. En principe, aussitôt la troisième lettre reçue, le traducteur se met en route à la recherche de l'azimuth convenable ; un potentiel d'arrêt est placé d'autre part sur cet azimuth par l'intermédiaire des liaisons du répartiteur de réception ;

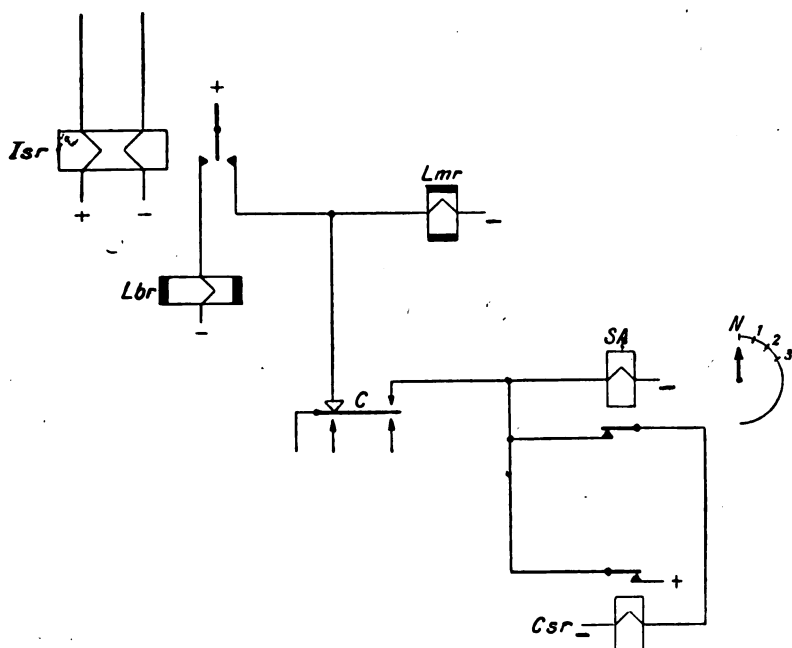


Fig. 4. — Réception d'un train d'impulsions.

Isr, relais de ligne ; *Lmr*, relais de commutation ; *C*, came d'entraînement ; *SA*, électro-aimant de rotation du commutateur de réception ; *Csr*, relais de verrouillage.

le mouvement s'arrête, comme dans le cas d'un chercheur de ligne, dès que les balais du traducteur rencontrent ce potentiel. L'enregistreur traducteur se compose d'un groupe de trois relais de ligne, occupation et commutation, de six commutateurs numériques *SA*, *SB*, *SC*, *SD*, *SE* et *SF* comportant chacun un électro-aimant de commande et quatre balais frottant sur des niveaux de vingt broches (répétées deux fois) et de deux chercheurs traducteurs dont les jeux de neuf balais explorent des arcs de cinquante jeux de broches. Chaque jeu de broches correspondant à un bureau ;

le nombre maximum de ceux-ci est donc actuellement de cent.

L'enregistreur comporte en outre deux combineurs R_1 et R_2 , servant l'un pour la réception et l'autre pour la sélection, une série de relais compteurs, et un certain nombre de relais.

La première lettre est reçue par le commutateur SA (fig. 4). Chaque impulsion actionne SA par le circuit : batterie, SA, repos Isr et terre ; en même temps, Csr est actionné par : batterie, Csr,

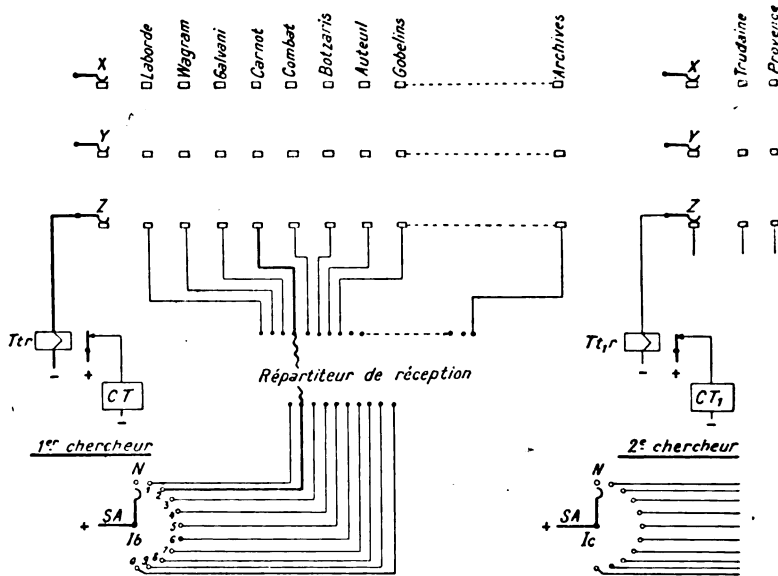


Fig. 5. — Traduction. Premier mouvement : le traducteur démarre après réception de la 1^{re} lettre et s'arrête sur le 1^{er} des azimuts correspondants.

interrupteur SA, repos Isr, terre ; il se bloque par son contact de travail, et le circuit de SA se ferme aussi par ce contact. Chaque pas de SA est donc contrôlé par Csr bloqué, jusqu'à son accomplissement complet, c'est-à-dire l'ouverture de l'interrupteur SA. Cet artifice permet de recevoir correctement des impulsions mêmes tronquées et affaiblies. La deuxième lettre est enregistrée par SB de la même façon, et la troisième par SC. Les chiffres sont reçus ensuite par les commutateurs SD, SE, SF pour les trois premiers, et pour le dernier par le commutateur SC revenu au repos après le transfert de l'indicatif sur le traducteur.

Afin de gagner du temps, les chercheurs du traducteur se mettent en mouvement dès que la première lettre est reçue. Les circuits des électro-aimants d'embrayage sont contrôlés par les armatures

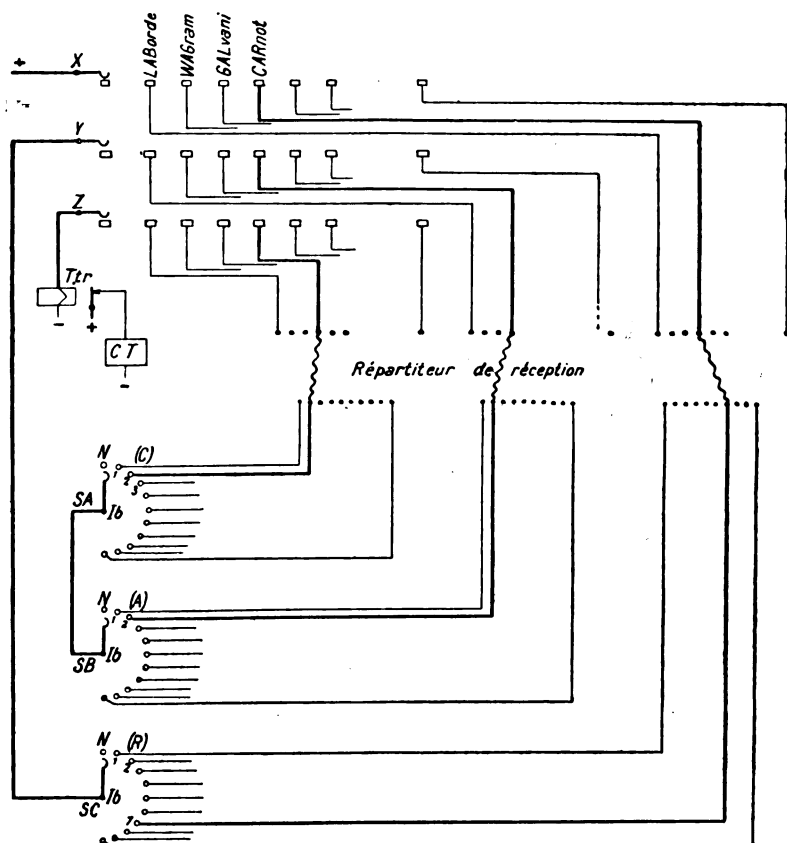


Fig. 6. — Traduction. Deuxième mouvement : arrêt du 1^{er} chercheur sur l'azimuth du bureau demandé.

au repos des relais d'arrêt Ttr, Tt_r spéciaux à chaque traducteur (fig. 5 et 6).

Les contacts des niveaux Ib et Ic du commutateur numérique SA sont multipliés à travers le répartiteur de réception respectivement sur les contacts du niveau z des deux chercheurs ; un troisième niveau Id, non représenté, est réservé pour le troisième chercheur. Les niveaux correspondants des commutateurs SB et SC sont mul-

tiplés sur les niveaux y et x des chercheurs. Ainsi tous les bureaux dont la première lettre du préfixe est A, B ou C ont leurs broches : reliées au contact 2 du niveau Ib de SA s'ils sont placés sur le premier chercheur, et au contact 2 du niveau Ic de SA s'ils appartiennent au deuxième. Tous les bureaux dont la deuxième lettre est A, B ou C, ont leurs broches y reliées aux plots 2 des niveaux Ib ou Ic de SB, etc... Dès que le balai z du chercheur CT, par exemple, arrive sur un plot relié à la broche sur laquelle est arrêté le balai Ib de SA, le relais Ttr fonctionne et arrête le traducteur.

Les deux chercheurs sont ainsi arrêtés chacun sur le premier

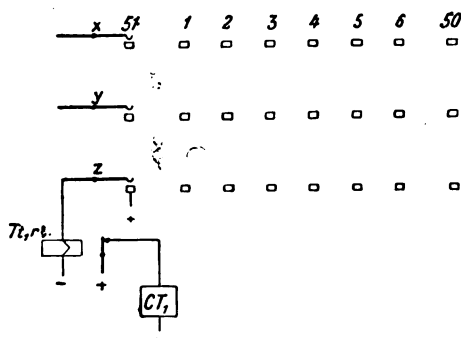


Fig. 7. — Traduction : arrêt du 2^e chercheur en position de repos après une rotation complète.

des bureaux dont l'indicatif commence par le première lettre envoyée par l'abonné. Après réception de la troisième lettre du préfixe, les chercheurs arrêtés se remettent en marche le cas échéant, et celui qui a dans son arc le jeu de broches relié aux contacts de SA, SB et SC correspondant aux trois lettres enregistrées s'arrête, soit par exemple CT ; le relais Ttr, en effet, est alors excité dans le circuit : batterie, Ttr, balai et broche z de CT, broche et balai Ib de SA, balai et broche Ib de SB, broche et balai y , balai et broche Ib de SC, broche et balai x de terre.

L'autre chercheur revient au repos (fig. 7), Tt₁r ne s'excitant que dans le circuit : batterie Tr₁r, balai z et broche 51 de CT₁ à la terre.

Les balais du traducteur sont ainsi arrêtés sur le jeu de broches correspondant au bureau à atteindre.

Sélection du bureau demandé. — Le nombre des étages de sélection peut varier de un à quatre. Il est déterminé par le balai S du traducteur. Pour cela, les cinquante contacts du niveau s sont réunis en quatre groupes correspondant aux quatre cas possibles (fig. 8).

Les sélections successives s'opèrent sous le contrôle du combineur R_s de l'enregistreur et correspondent à ses positions $2\frac{1}{2}$,

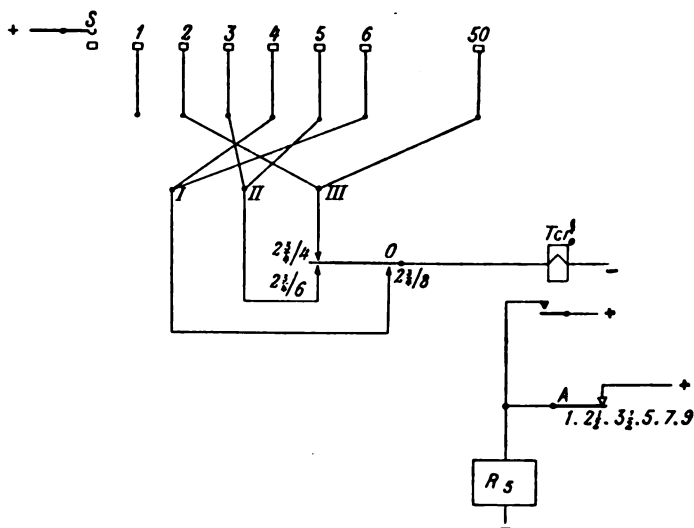


Fig. 8. — Détermination du nombre de sélections de bureau.

Azimuth 1 : 4 sélections,
Azimuth 2 : 3 sélections,
Azimuth 3 : 2 sélections,
Azimuth 4 : 1 sélection,

Azimuth 5 : 2 sélections,
Azimuth 6 : 1 sélection,
Azimuth 50 : 3 sélections,

Positions de R_s :

1 : repos,
2 $\frac{1}{2}$: 1^{re} sélection de bureau,
3 $\frac{1}{2}$: 2^e sélection de bureau,

5 : 3^e sélection de bureau,
7 : 4^e sélection de bureau,
9 : sélection de mille.

3 $\frac{1}{2}$, 5 et 7. Dans le cas d'une seule sélection, il suffit de supprimer les sélections ultérieures en brûlant les positions 3 $\frac{1}{2}$, 5 et 7 : le combineur R_s va directement de 2 $\frac{1}{2}$ en 9 au moyen de cames reliées aux différents multiplages des broches s.

Dans le cas de quatre sélections, les contacts s sont isolés, et le combineur s'arrête dans toutes ses positions successives. Le schéma montre comment, suivant que le balai s est sur les broches 2, 3 ou 4, le combineur passe directement de 2 $\frac{1}{2}$ en 5, 7 ou 9.

L'amplitude des sélections de bureau est contrôlée par des balais w , v , u et t du traducteur, dont les broches correspondantes sont reliées chacune à travers un répartiteur, à une paire de relais-compteurs déterminée. Les relais-compteurs numérotés de 0 à 10 sont destinés à recevoir les impulsions inverses envoyées par les sélecteurs dans leur mouvement de sélection commandée. Pour cela, chaque impulsion reçue va bloquer une paire de relais, à partir d'un rang déterminé par la position des balais du traducteur ; et, quand

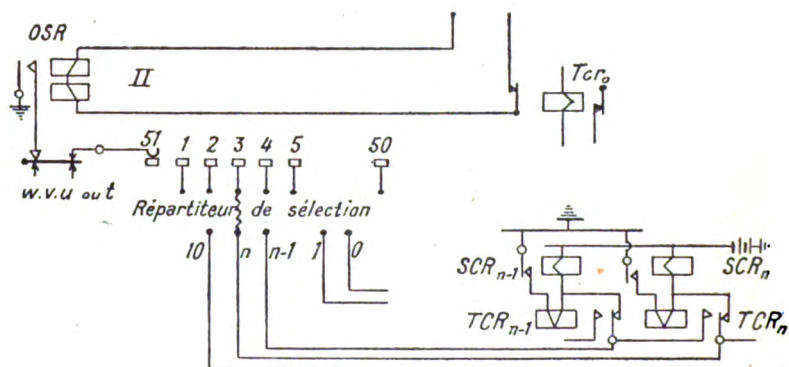


Fig. 9. — Principe de la réception des impulsions inverses dans les relais compteurs.

II, circuit des impulsions inverses relié aux interrupteurs des sélecteurs successifs ; SCR_n , TCR_n , paire de relais compteurs d'ordre n ($n = 0, 1, \dots, 10$).

on arrive aux relais d'ordre 0, le combineur R_s est actionné, la rotation du sélecteur s'arrête, et les relais sont ramenés au repos, prêts à recevoir les impulsions inverses.

Prenons comme exemple la première sélection de bureau contrôlée par les balais w . Les relais compteurs sont conjugués par paire, SCR_n , et TCR_n suivant le schéma simplifié de la figure 9. Le relais SCR_n , relié au plot sur lequel s'est arrêté le balai w , s'excite par le travail du relais Osr qui est placé sur le circuit des impulsions inverses du sélecteur primaire ; le relais TCR_n , qui est mis en court-circuit par le travail de SCR_n , se bloque dès que Osr retombe, c'est-à-dire à la première impulsion inverse : excité, il ferme le circuit de SCR_{n-1} par le repos de TCR_{n-1} , le travail de SCR_n et le travail de Osr . Le relais TCR_{n-1} se bloque lors de la deuxième impulsion

Test de la ligne auxiliaire. — Il est désirable, en réseau automatique, de donner à chacun des bureaux, au départ et à l'arrivée, le moyen d'interdire l'accès de la ligne et du sélecteur d'arrivée sur

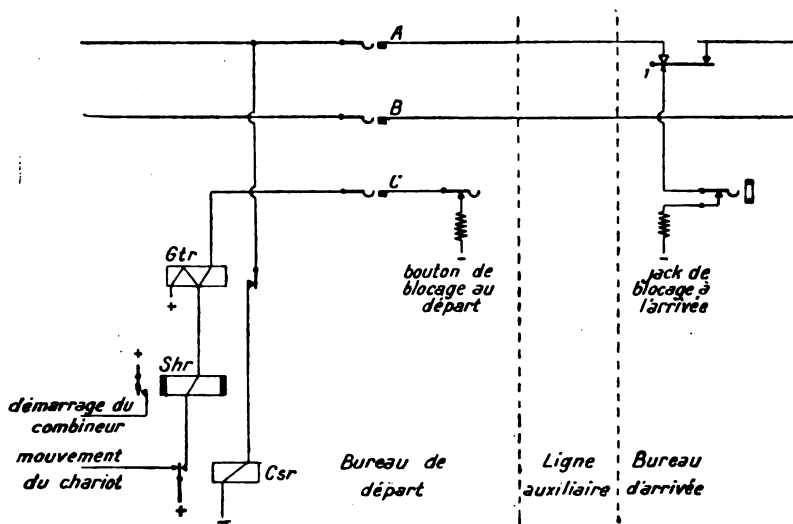


Fig. 10. — Test de la ligne auxiliaire.

Une ligne auxiliaire libre en service est caractérisée par deux potentiels : l'un sur le troisième fil C, l'autre sur un fil de ligne A. Le sélecteur en recherche fait d'abord le test de disponibilité. Le relais Gtr s'excite et ferme le circuit du deuxième test. Si la ligne est en service, le relais Csr fonctionne et arrête le chariot porte-balais. Le relais Shr, retardé à l'attraction, ferme ensuite son contact et fait démarrer le combineur. Si l'une des deux conditions vérifiées n'est pas remplie, le chariot ne s'arrête pas sur la ligne et continue sa recherche.

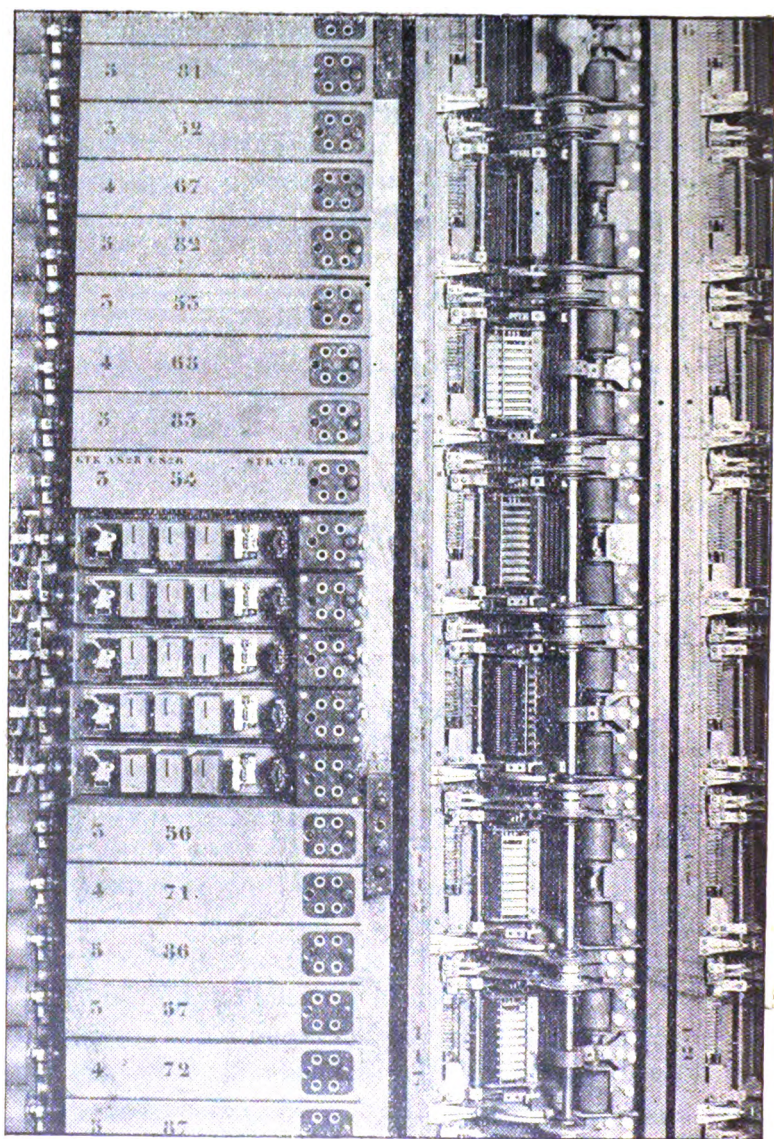


Fig. 11. — Baie de sélecteurs et baie combinée.

La ligne peut être mise hors de service, soit au départ en enfonçant le bouton de blocage, soit à l'arrivée en introduisant une fiche de bois dans le jack de blocage du sélecteur.

Sélection de la ligne demandée dans le bureau d'arrivée.

— Les sélections numériques s'effectuent sous le contrôle des commutateurs rotatifs de l'enregistreur à la manière habituelle. La présence d'une série de relais compteurs évite la plupart des

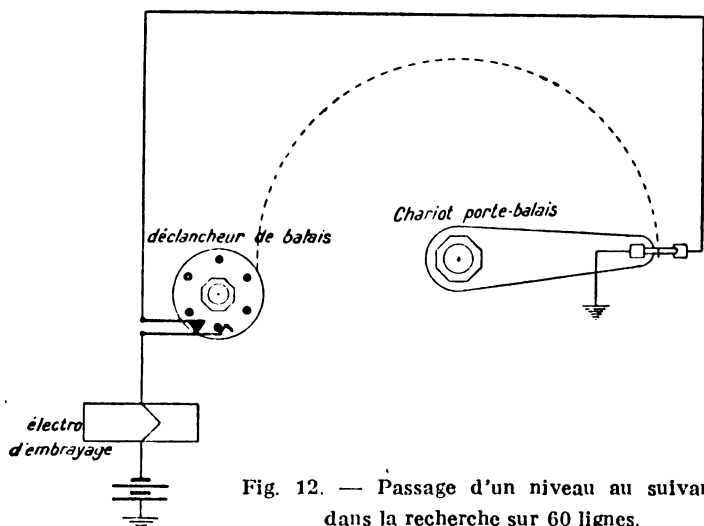


Fig. 12. — Passage d'un niveau au suivant dans la recherche sur 60 lignes.

corrections ; les parités déterminent seulement les liaisons statiques entre les bancs des commutateurs de réception et l'entrée des relais.

Sélecteurs d'arrivée (tertiaires) à soixante lignes par niveaux. — Les abonnés étant groupés par doubles centaines et par doubles milles, on sait que cinq niveaux seulement sont utilisés en principe, dans un bureau de 10.000 lignes, sur les sélecteurs d'arrivée ou tertiaires.

Les autres niveaux conduisent, à Paris, vers des sélecteurs de centaine (ou sélecteurs quaternaires), et la sélection automatique se fait sur 60 lignes.

Dans ce but, un plateau, fixé sur l'axe du choisisseur de balais, porte cinq cames verticales disposées sur une circonférence et corres-

pendant aux positions 1, 3, 5, 7 et 9 du choisisseur. Lorsque celui-ci est dans une position impaire, les cames ferment un contact (fig. 12). La sélection numérique oriente le déclancheur de balais sur un niveau impair et l'exploration de ce niveau se fait à la manière ordinaire. Si les balais n'y trouvent aucune ligne libre, l'arbre porte-balais sort du champ de broches et revient en position de repos, après avoir enclanché de nouveau ses balais. Pendant ce mouvement, l'électro-aimant d'embrayage du choisisseur de balais trouve un circuit fermé par les contacts précédents, puisqu'il est dans une position impaire. Il reçoit une impulsion, se centre dans la position paire suivante, et le sélecteur continue sa rotation à la recherche d'une ligne libre sur le niveau suivant. Si toutes les jonctions sont occupées, lorsque le chariot porte-balais revient en position de repos, l'électro-aimant du choisisseur de balais ne trouve plus son circuit fermé puisqu'il est en position paire, et il ne peut plus avancer d'un pas comme précédemment. La recherche continue, dans ce cas, sur le seul niveau pair.

Circuits de sonnerie. — Les fonctions de sonnerie, habituellement dévolues au sélecteur final, sont attribuées, à Paris, au sélecteur de centaine, ou sélecteur quaternaire, dont le circuit contient le relais d'arrêt d'appel et les organes d'alimentation des différents signaux : sonnerie, retour d'appel et occupation.

Le retour d'appel ou le signal d'occupation sont envoyés sur un circuit continu sans condensateur : le circuit de connexion de Paris avance, en effet, à partir du moment où le demandé est atteint, par des boucles successives de la ligne côté arrivée, alimentée sous le contrôle du demandeur ; en particulier, la boucle fermée pendant la sonnerie maintient excité le relais de supervision du demandé dans le circuit de connexion. Lorsque le demandé décroche, une brève ouverture fait retomber le relais : les organes passent en position de conversation, et le relais est réattiré par la boucle de la ligne de l'abonné demandé.

Recherche des lignes groupées. — On sait que, dans les bureaux du type de Nantes, des centaines spéciales sont réservées aux abonnés à plusieurs lignes groupées ; chaque groupe est caractérisé par une résistance d'arrêt placée sur le troisième fil de la dernière ligne ; les

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
10									19
20									29
30									39
40									49
50									59
60									69
70									79
80									89
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
10									19
20									29
30									39
40									49
50									59
60									69
70									79
80									89
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
10									19
20									29
30									39
40									49
50									59
60									69
70									79
80									89
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99

Fig. 13. — Numérotation du sélecteur final.
(Les flèches indiquent le sens de la sélection.)

lignes isolées appartenant à ces centaines sont obligatoirement munies de cette résistance. Or il était désirable, à Paris, que les numéros des abonnés à plusieurs lignes groupées ne fussent pas changés lors de la transformation en automatique ; d'autre part, il était impossible de munir toutes les lignes ordinaires de la résistance d'arrêt. Le sélecteur final de Paris permet la recherche automatique de lignes groupées sans équipement spécial des lignes isolées.

La première et la dernière ligne d'un groupe sont munies chacune d'une résistance ; la première résistance provoque la recherche automatique, pourvu que l'appel ait été fait sous le numéro de la première ligne, qui figure seul à l'annuaire ; la deuxième résistance intervient, au besoin, pour provoquer l'arrêt et l'envoi du signal d'occupation si aucune ligne n'est libre.

Ce résultat est obtenu par l'adjonction, au final, d'un relais qui fonctionne à la double condition que la ligne atteinte par la sélection numérique soit occupée et que cette ligne soit munie d'une résistance ; ce relais empêche les appareils de passer immédiatement en position d'occupation et arrête le sélecteur final dans une position spéciale de recherche automatique.

Redressement de la numérotation. — La numérotation des broches et des niveaux est complètement redressée, comme le montre la figure 13 relative au sélecteur final. Cette disposition présente évidemment de grands avantages : le numéro d'appel d'une série de plusieurs lignes groupées est le numéro le plus bas et peut être un multiple de 10 ; elle est obtenue très simplement, grâce à la présence d'une série de relais compteurs indépendants des commutateurs de réception, par les liaisons fixes établies entre les arcs et l'entrée des relais.

Remarque sur les multiplages. — Les multiplages des différents étages de sélection ont fait l'objet, à Paris, d'une étude particulièrement poussée ; il ne nous appartient pas d'exposer ici les remarquables travaux analytiques relatifs à cette importante question ; on voudra bien nous excuser de nous limiter à un aperçu sommaire des solutions adoptées.

On a recours, à Paris, à la fois au glissement et au grading. Les arcs sont de trente points ; les douze premières lignes d'une même section de multiplage sont décalées d'une baie à l'autre ; le glissement est limité aux vingt-quatre schémas suivants :

Baie n° 1 :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	—	30
— 2 :	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	—	—	—
— 3 :	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	—	—	—
— 4 :	6	5	4	3	2	1	12	11	10	9	8	7	—	—	—
— 5 :	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	—	—	—
— 6 :	2	1	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	—	—	—
— 7 :	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	—	—	—
— 8 :	10	9	7	8	6	5	4	3	2	1	12	11	—	—	—
— 9 :	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	—	—	—
— 10 :	4	3	2	1	12	11	10	9	8	7	6	5	—	—	—
— 11 :	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	—	—	—
— 12 :	8	7	6	5	4	3	2	1	12	11	10	9	—	—	—
— 13 :	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	—	—	—
— 14 :	1	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	—	—	—
— 15 :	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	—	—	—
— 16 :	7	6	5	4	3	2	1	12	11	10	9	8	—	—	—
— 17 :	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	—	—	—
— 18 :	3	2	1	12	11	10	9	8	7	6	5	4	—	—	—
— 19 :	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	—	—	—
— 20 :	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	12	—	—	—
— 21 :	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	—	—	—
— 22 :	5	4	3	2	1	12	11	10	9	8	7	6	—	—	—
— 23 :	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	—	—	—
— 24 :	9	8	7	6	5	4	3	2	1	12	11	10	—	—	—

Si le nombre des baies est inférieur à 24, le glissement a lieu dans l'ordre des baies en commençant par la première.

Si le nombre des baies est supérieur à 24, le glissement recommence dans le même ordre qu'au début.

Les schémas de gradation ont été déterminés avec précision dans tous les cas possibles. En voici quelques-uns (les sectionnements

particuliers ne comptent jamais moins de douze lignes s'il y a glissement) :

Nombre de lignes sortantes.	Nombre de sections de multiplage.	Gradation des groupes.	Nombre d'étages de gradation.
60	3	$15 \times 3 + 15$	2
61	3	$(15 + 16 \times 2) + 14$	2
62	3	$16 \times 3 + 14$	2
63	3	$(16 + 17 \times 2) + 13$	2
64	3	$17 \times 3 + 13$	2
65	3 ou 4	$(17 + 18 \times 2) + 12; (11 + 12 \times 3) + 18$	2
66	4	$12 \times 4 + 18$	
67	4	$12 \times 4 + 1 \times 2 + 17$	3
68	4	$12 \times 4 + 2 \times 2 + 16$	3
69	4	$12 \times 4 + 3 \times 2 + 15$	3
70	4	$12 \times 4 + 4 \times 2 + 14$	3
85	4	$16 \times 4 + 7 \times 2 + 7$	3
86	4	$17 \times 4 + 5 \times 2 + 8$	3
87	4	$17 \times 4 + 6 \times 2 + 7$	3
88	4	$17 \times 4 + 7 \times 2 + 6$	3
89	4	$18 \times 4 + 5 \times 2 + 7$	3
90	6	$12 \times 6 + 18$	2
91	6	$12 \times 6 + 1 \times 2 + 17$	3
92	6	$12 \times 6 + 2 \times 2 + 16$	3
93	6	$12 \times 6 + 1 \times 3 + 1 \times 2 + 16$	4
94	6	$12 \times 6 + 1 \times 3 + 2 \times 2 + 15$	4
95	6	$12 \times 6 + 2 \times 3 + 1 \times 2 + 15$	4
110	6	$14 \times 6 + 3 \times 3 + 4 \times 2 + 9$	4
111	6	$14 \times 6 + 4 \times 3 + 3 \times 3 + 9$	4
112	6	$14 \times 6 + 4 \times 3 + 4 \times 2 + 8$	4
113	6	$14 \times 6 + 4 \times 3 + 5 \times 2 + 7$	4
114	8	$12 \times 8 + 18$	2
115	8	$12 \times 8 + 1 \times 2 + 17$	3
116	8	$12 \times 8 + 2 \times 2 + 16$	3
117	8	$12 \times 8 + 3 \times 2 + 15$	3
118	8	$12 \times 8 + 1 \times 4 + 1 \times 2 + 16$	4
119	8	$12 \times 8 + 1 \times 4 + 2 \times 2 + 15$	4
120	8	$12 \times 8 + 1 \times 4 + 3 \times 2 + 14$	4

Nombre de lignes sortantes.	Nombre de sections de multiplage.	Gradation des groupes.	Nombre d'étages de gradation.
140	8	$13 \times 8 + 5 \times 4 + 4 \times 2 + 8$	4
141	8	$13 \times 8 + 5 \times 4 + 5 \times 2 + 7$	4
142	8	$14 \times 8 + 3 \times 4 + 5 \times 2 + 8$	4
143	8	$14 \times 8 + 4 \times 4 + 3 \times 2 + 9$	4
144	8	$14 \times 8 + 4 \times 4 + 4 \times 2 + 8$	4
145	8	$14 \times 8 + 4 \times 4 + 5 \times 2 + 7$	4
146	8	$14 \times 8 + 5 \times 4 + 3 \times 2 + 8$	4
147	8	$14 \times 8 + 5 \times 4 + 4 \times 2 + 7$	4
148	8	$15 \times 8 + 3 \times 4 + 4 \times 2 + 8$	4
149	8	$15 \times 8 + 3 \times 4 + 5 \times 2 + 7$	4
150	8	$15 \times 8 + 4 \times 4 + 3 \times 2 + 2$	4
.....			

Blocage par arrêt de sélection. — Pendant que l'enregistreur, après la réception complète du numéro demandé, attend la fin de la sélection, un contacteur à temps est mis en action. S'il s'écoule plus de 30 secondes entre deux opérations successives, un relais spécial, dit *de blocage*, est actionné et se colle. La ligne appelante est libérée du cordon, l'abonné demandeur reçoit le signal de transmission et est ainsi invité à recommencer son appel. Le premier circuit de connexion utilisé, l'enregistreur et les sélecteurs ultérieurs employés, sont maintenus sur leurs positions respectives ; il suffit, pour intervenir, de suivre la chaîne des appareils bloqués. Une clé spéciale, commune à quatre enregistreurs, permet de mettre en jeu ou de supprimer à volonté le dispositif de blocage.

Conversation, comptage et libération. — Le passage en position de conversation n'offre d'autre particularité que l'inversion de l'alimentation du demandeur ; des résistances graduées éliminent complètement le choc acoustique.

La communication tout entière est sous le contrôle de l'abonné demandeur. Le pont de transmission est à selfs et condensateurs, les postes sont alimentés sous 48 volts à travers des selfs ou relais de 250/250 ohms.

Dans le cas d'une communication entre deux centraux distants, la transmission de la supervision est obtenue par un procédé totalement différent de celui qui est employé sur le réseau manuel de Paris (relais de 12.000 /27 ohms). La figure 14 montre le schéma de la communication. Pendant la conversation, la ligne auxiliaire est alimentée par le bureau de départ sous le contrôle du demandeur, et est bouclée à l'arrivée sous le contrôle du demandé. Le demandeur restant à l'appareil, le raccrochage du demandé ouvre cette boucle ; mais la liaison reste assurée par un fil : des lampes s'allument dans chacun des bureaux. Le raccrochage du demandeur provoque, au contraire, la libération générale, en supprimant l'alimentation de la ligne auxiliaire.

Le comptage des communications urbaines se fait à la manière habituelle ; il n'a pas lieu lorsque le demandeur raccroche avant le passage des organes en position de conversation (raccrochage prématuré, occupation ou non-réponse).

Comptage double. — On sait qu'une communication effective demandée par un abonné de Paris à destination de la banlieue (zone à taxe double) est comptée au demandeur pour deux unités. Ce comptage est réalisé automatiquement de la façon suivante : toutes les fois que l'indicatif du bureau demandé correspond à une localité de banlieue, l'enregistreur envoie, avant de se libérer, un signal spécial au circuit de connexion (un potentiel placé sur une broche du traducteur actionne un relais du circuit de connexion). Si la communication est effective, le circuit de connexion, avant de se libérer, s'arrête en une position spéciale dite *de comptage multiple*, où il s'adjoit, par l'intermédiaire d'un chercheur, un circuit annexe qui envoie deux impulsions au compteur du demandeur ; après quoi la libération s'achève comme dans le cas normal.

Sélecteurs tandem. — Il n'existe pas actuellement de sélecteurs tandem dans le réseau de Paris ; tous les bureaux urbains sont, en effet, reliés deux à deux par des lignes directes. Ces sélecteurs n'apparaîtront vraisemblablement qu'à l'occasion de la mise en service des premiers bureaux automatiques de banlieue et consti-

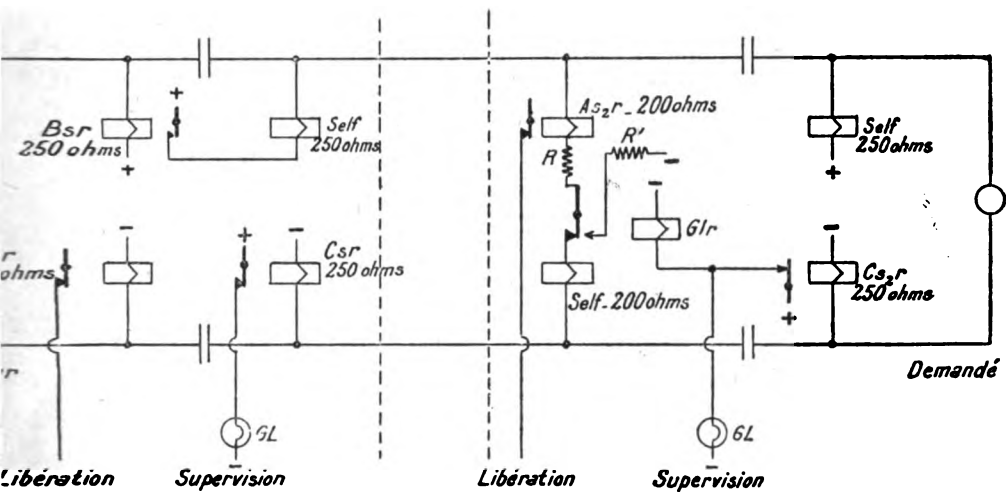


Fig. 14. — Circuit de conversation dans le cas de deux bureaux.
(B, R', résistances d'équilibre.)

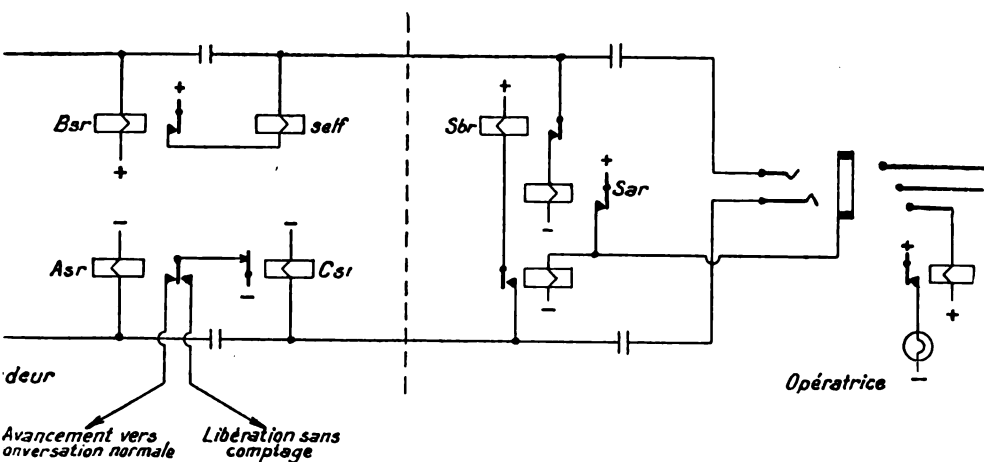


Fig. 15. — Circuit de conversation dans le cas d'une communication avec un service spécial.
(Le bouton de taxation n'est pas représenté)

tueront des centres de transit automatiques (1). Il n'est pas inutile de signaler que les circuits actuels des bureaux automatiques se prêteront sans aucune modification à l'emploi de ces sélecteurs. Des enregistreurs répétiteurs leur seraient adjoints, au besoin, sans difficulté : un relais spécial de l'enregistreur utilisé actuellement dans le cas d'une communication vers un bureau manuel, permet en effet, lorsqu'il a été actionné par le traducteur, de supprimer les sélections automatiques intercalées entre les sélections numériques d'arrivée.

Communications à destination d'un service spécial. — Rappelons que les services spéciaux, interurbain, régional, etc... s'obtiennent par l'envoi d'un numéro de deux chiffres, de 10 à 18.

Etablissement de la communication. — La traduction n'entraîne aucune modification sensible des procédés connus. La réception du chiffre 1 sur le commutateur de première lettre déclanche la traduction après la réception du deuxième chiffre, et annule les réceptions suivantes ; l'enregistreur se libère après la sélection de bureau.

Conversation, comptage, libération. — La communication est placée sous le contrôle de l'opératrice, et le raccrochage du demandeur ne provoque la libération que si l'opératrice a déjà coupé. La communication n'est pas comptée automatiquement, et dans le cas normal aucune unité n'est marquée au compteur du demandeur à la libération : les fiches interurbaines des abonnés reliés aux bureaux automatiques n'ont donc pas la valeur d'une fiche de détaxe comme dans le cas des bureaux manuels. Toutefois les opératrices de certains services (Renseignements, Réclamations) ont la faculté de marquer, au besoin, une unité au compteur du demandeur en actionnant un bouton : par exemple si la communication établie avec le service des Renseignements a été prolongée par l'opératrice vers un abonné du réseau.

Ces conditions sont réalisées de la façon suivante (fig. 15). La

1. Voy. dans un prochain numéro des *Annales*, la suite de la présente étude

réponse de l'opératrice, tout en arrêtant le retour d'appel, laisse le

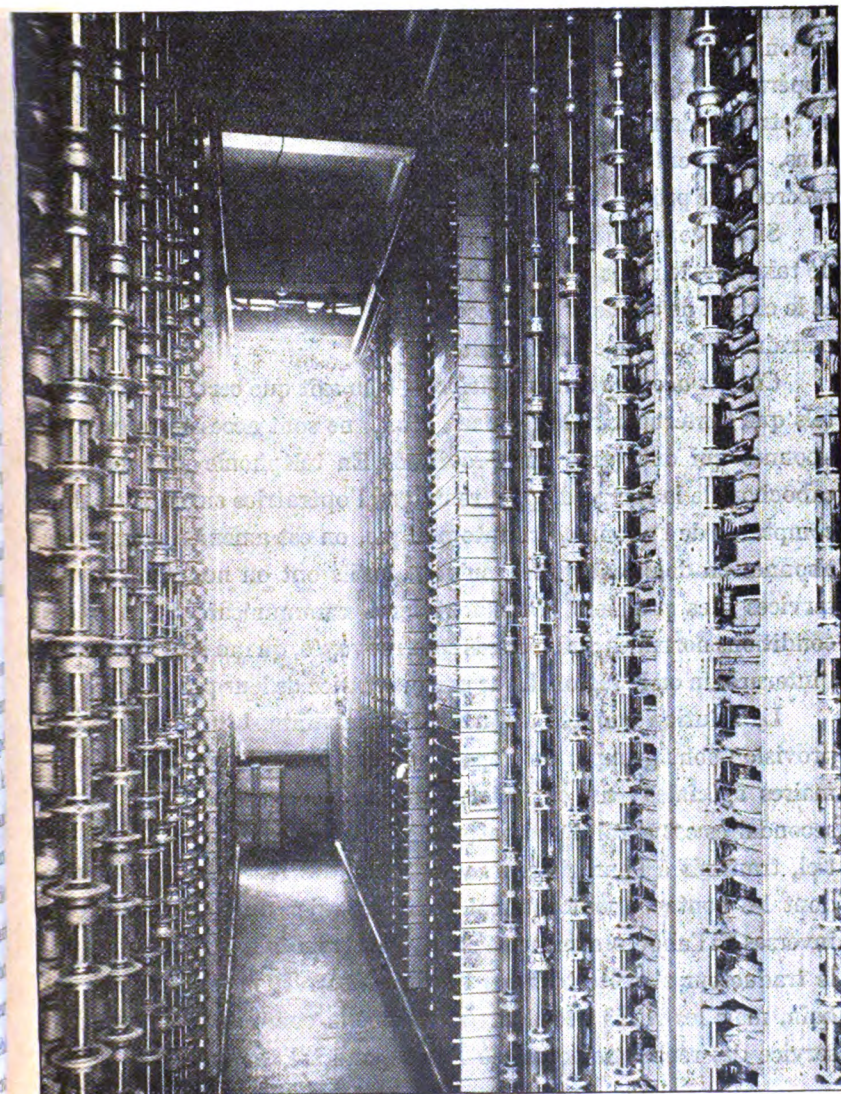


Fig. 16. — Rangées de circuits de connexion.

circuit de connexion en position de sonnerie ; le relais de supervision du demandé reste maintenu par l'enfoncement de la fiche indé-

pendamment du demandeur. Or, dans cette position, le raccrochage du demandeur provoque ordinairement la libération par la rupture de la boucle du côté du demandé et la retombée de ce relais de supervision ; dans le cas présent, cette manœuvre est inefficace tant que l'opératrice n'a pas retiré sa fiche. A la rupture, la communication se retrouve dans la situation normale de « sonnerie ou occupation », sans, bien entendu, que l'abonné perçoive aucune tonalité. Le raccrochage provoque alors la libération sans donner lieu à comptage.

Si, au cours de la conversation, l'opératrice actionne le bouton de taxation, le relais de supervision du demandé retombe un instant, et le circuit de connexion avance en position de conversation, ce qui entraîne le comptage à la libération.

Cas des abonnés sans provision. — On sait que certains services, tels que l'interurbain, le régional, etc..., ne sont accessibles qu'aux abonnés qui ont versé une provision. En téléphonie manuelle, le cabochon de la lampe d'appel renseigne l'opératrice sur la situation comptable de l'abonné. En automatique, on est amené à classer les abonnés en deux catégories, suivant qu'ils ont ou non droit à ces services ; les premiers obtiennent leurs communications dans les conditions normales ; les seconds sont renvoyés, quand ils demandent l'interurbain ou le régional, sur une opératrice de leur propre bureau.

La solution adoptée à Paris est la suivante. Les abonnés sans provision sont groupés au départ sur des baies de chercheurs primaires spéciales ; un cinquième fil de liaison entre primaires et secondaires est muni d'une batterie à travers 2.500 ohms. Ce potentiel, transmis à l'enregistreur, y actionne des relais dits *décodeurs*, dont les contacts sont intercalés sur le trajet du fil d'impulsions inverses. Si l'abonné sans provision envoie le numéro 10, par exemple, le traducteur s'arrête bien sur l'azimut correspondant à l'interurbain, mais les relais décodeurs renvoient la communication vers le service des renseignements, où l'on répond à l'abonné.

Exploitation interurbaine. — Les communications interurbaines sont établies à Carnot comme dans un bureau manuel par un groupe intermédiaire. Le mode d'exploitation actuel, déjà en usage dans plusieurs bureaux du réseau, comporte, dans le cas d'occu-

pation urbaine, la prise de la ligne et l'envoi d'une signalisation à l'opératrice interurbaine.

Installations annexes. — Fausses manœuvres, appels, incomplets, erreurs. — Certaines fausses manœuvres des abonnés sont de nature à troubler gravement à la fois le service de leurs propres communications en risquant de provoquer la coupure de leur ligne, et l'acheminement de l'ensemble du trafic en encombrant inutilement l'installation. Certaines erreurs, sans présenter les mêmes inconvénients, risquent de laisser l'abonné dans le silence alors qu'il lui serait facile, en recommençant correctement son appel, d'obtenir rapidement le correspondant qu'il désire. Il est évidemment impossible de remédier à toutes les fautes qui peuvent être commises, mais il est extrêmement utile que certaines d'entre elles, choisies parmi les plus fréquentes, fassent l'objet d'une intervention immédiate.

Les bureaux automatiques de Paris possèdent une installation spéciale, appelée *table de faux appels*, qui permet à une téléphoniste de traiter les cas suivants :

1° L'abonné décroche et attend plus de 30 secondes avant de numéroté ;

2° L'abonné attend plus de 30 secondes entre l'envoi de deux signes (lettres ou chiffres) et en particulier envoie un numéro incomplet ;

3° L'abonné envoie une combinaison de lettres qui ne correspond à aucun indicatif existant ;

4° L'abonné est aiguillé sur une partie non en service du central (par exemple, il demande Carnot 23.45 alors qu'actuellement les numéros sont compris entre 30.00 et 89.99).

Dans les deux premiers cas, l'abonné est renvoyé sur un circuit de *faux appel*. Dans les deux derniers, il est renvoyé sur un circuit de *faux préfixe* ou de *niveau mort*. Bien entendu, aucune des opérations que nous allons décrire ne donne lieu à comptage.

Circuit de faux appel. — Chaque groupe de chercheurs secondaires est complété par cinq chercheurs de faux appel. Un contacteur à temps est mis en action par l'enregistreur au début de chacune

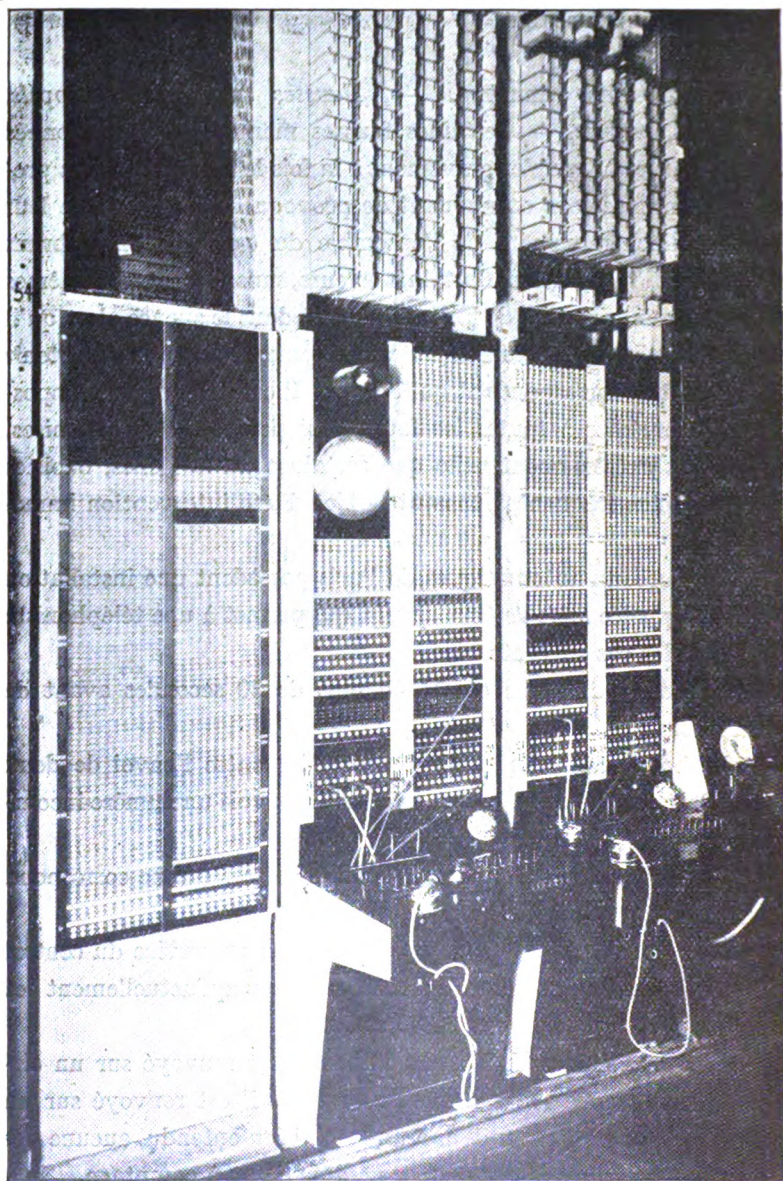


Fig 17 — Tableau de faux appels.】

des opérations de réception ; après 30 secondes, il fait passer le circuit de connexion dans une position spéciale de faux appel. Les chercheurs de faux appel disponibles du groupe démarrent ; l'un d'eux prend la ligne appelante, la renvoie sur la table de faux appels et libère le cordon et l'enregistreur.

Sur la table, chaque circuit est représenté par une lampe blanche, une lampe rouge et un jack. La lampe blanche s'allume d'abord. Elle s'éteint lorsque l'opératrice entre en écoute, et la lampe rouge s'allume. Dix minutes après le renvoi en faux appel, les deux lampes blanche et rouge s'allument.

Deux cas sont à considérer ici. Ou bien il s'agit d'un faux appel véritable ; l'opératrice n'entend rien, le faux appel persiste ; s'il dure plus de dix minutes, l'allumage des deux lampes le signale à l'attention du mécanicien. Ou bien un abonné a fait une fausse manœuvre, l'opératrice constate sa présence et le prie de raccrocher et de recommencer son appel ; si l'abonné manifeste quelque ignorance des manœuvres à effectuer, l'opératrice le renseigne ; elle possède un appareil télégraphique qui permet de faire un essai rapide du cadran ; enfin si, pour une raison quelconque, l'abonné ne peut rien obtenir, l'opératrice dispose de lignes au réseau et établit la communication par un dicorde .

Quoi qu'il en soit, la table de faux appels joue ainsi un double rôle : par l'intervention de l'opératrice, l'abonné reçoit les indications nécessaires ; par la libération de l'enregistreur et du circuit de connexion, les organes du central ne sont pas immobilisés au préjudice du trafic normal.

Circuit de faux préfixe. — Si l'abonné se trompe dans l'envoi de l'indicatif, deux cas peuvent se présenter. Ou bien la combinaison erronée correspond à un central existant, et l'abonné obtient évidemment un faux numéro. Ou bien la combinaison erronée ne correspond à aucun central, et l'abonné est renvoyé sur une ligne aboutissant à la table de faux appels.

Le dernier azimuth du traducteur est réservé à cet effet ; si, au cours de la rotation, aucun des chercheurs ne rencontre de potentiel d'arrêt, l'un d'eux reste sur cet azimuth et l'autre revient au repos ; la sélection de bureau s'opère normalement, mais conduit

la communication sur une ligne de faux préfixe ; l'enregistreur se libère. L'opératrice entre en écoute, informe l'abonné de son erreur, et le prie de recommencer son appel.

Circuit de niveau mort. — Ces circuits sont connus ; si un abonné échoue sur l'un d'eux, l'opératrice agit comme précédemment.

Essais systématiques. — Nous ne saurions décrire ici toutes les installations destinées à assurer la surveillance de l'installation ; un grand nombre d'entre elles sont déjà connues et fonctionnent depuis longtemps dans plusieurs bureaux. Il n'est pas inutile cependant de signaler que, pour la première fois, tous les circuits du bureau sont pourvus de circuits d'essais systématiques.

A tous les étages de sélection, le circuit d'essai permet :

- 1° l'essai individuel unique d'un appareil ;
- 2° l'essai individuel continu d'un appareil,
- 3° l'essai automatique de tous les appareils d'une rangée.

Un certain nombre de circuits comprennent plusieurs cycles : on en prévoit quatre pour les circuits de connexion, et quatorze pour les enregistreurs ; la mise en œuvre de l'essai (individuel ou automatique, sur un ou plusieurs cycles) est déterminée à volonté.

Voici, à titre d'exemple, le détail des cycles d'essais d'enregistreur :

- 1° Appel normal vers le Régional ;
- 2° Appel vers les Renseignements ;
- 3° Appel d'un abonné sans provision vers les Avis d'appel ;
- 4° Appel normal vers un bureau automatique ;
- 5° Appel normal vers un bureau manuel (une sélection de bureau) ;
- 6° Appel normal vers la banlieue (comptage double) ;
- 7° Appel normal vers un bureau manuel (deux sélections de bureau) ;
- 8° Appel normal vers la banlieue (trois sélections de bureau) ;
- 9° Appel normal vers la banlieue (quatre sélections de bureau) ;
- 10° Appel normal vers un bureau manuel (trois sélections de bureau) ;
- 11° Blocage après la troisième sélection de bureau ;

12° Faux appel ;

13° Relâchement prématuré ;

14° Intervention sur jonction d'indicateur d'appel.

La traduction et la sélection sont de plus essayées, pour des appels quelconques, par un circuit à clés analogue à celui de Nantes.

Les circuits d'essais sont réunis par quatre ou cinq sur des baies placées en bout de rangée. Des boutons commandent la mise en œuvre de l'essai. Des lampes signalent toute situation anormale. Le renvoi successif des appareils au cours de l'essai automatique se fait par commutateur rotatif à 50 points : un commutateur est adjoint à chaque baie combinée ; le passage d'un commutateur au suivant est contrôlé par des relais. Un seul circuit d'essai, à « Carnot » suffit en général pour une rangée simple portant trois ou quatre baies combinées suivant le type d'appareils.

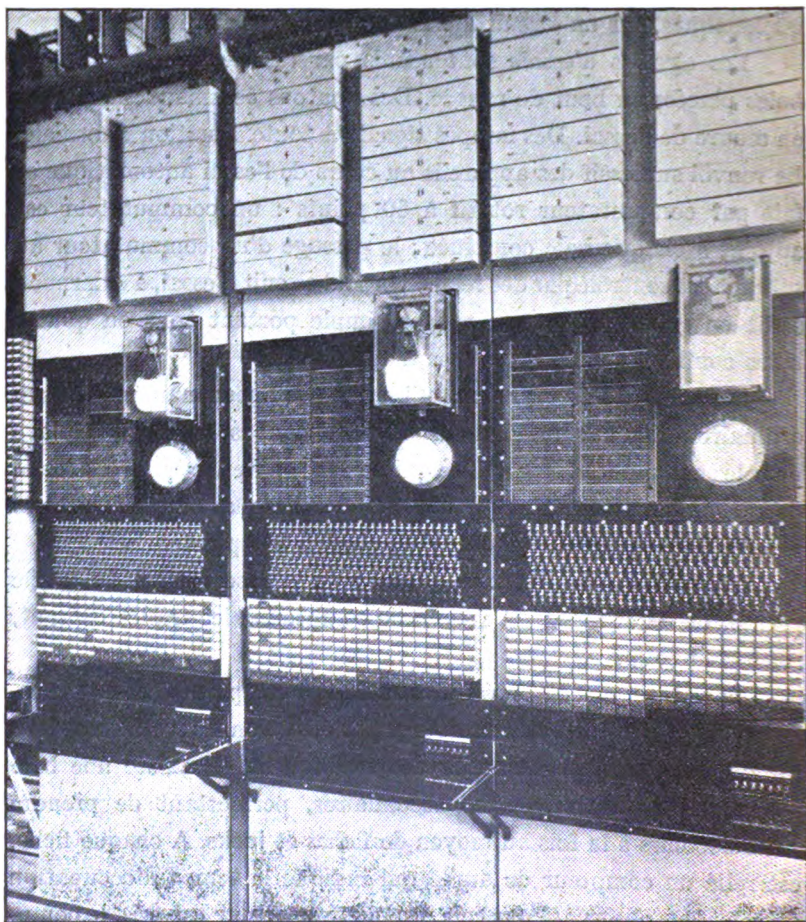
L'essai du sélecteur final n'immobilise aucun numéro. L'essai ordinaire a lieu sur une ligne momentanément isolée du multiplage pour le seul appareil en essai, ce qui ne gêne en rien le service. L'essai de recherche automatique a lieu sur des broches supplémentaires placées dans le secteur vide de l'arc câblé à 200 points.

Observation du trafic. — Une baie d'observation du trafic permet de déterminer, au moyen de compteurs, les trafics entrant, sortant et total.

Nous trouvons d'abord un banc de 108 compteurs (un par enregistreur), puis une baie de comptage par direction, avec un compteur sur chaque direction au sortir des traducteurs. Il existe une baie d'observation des sélecteurs secondaires, permettant de prendre 150 sélecteurs à la fois au moyen de fiches et jacks. A chaque fiche, est relié un compteur de durée qui indique le temps d'occupation du sélecteur observé. Pour cela, quand le sélecteur est pris, le compteur reçoit une impulsion toutes les deux secondes.

Un compteur totalisateur donne le total des temps d'occupation pour les 150 sélecteurs. Nous trouvons, en outre, un compteur d'encombrement indiquant le nombre de fois où tous les sélecteurs observés ont été pris simultanément, et un compteur de durée d'encombrement qui reçoit également une impulsion toutes les deux secondes pendant tout le temps où l'encombrement persiste. On

peut aussi observer l'encombrement sur des groupes de chercheurs primaires, de circuits de connexion et de sélecteurs finals au moyen de compteurs spéciaux analogues à ceux dont nous venons de parler.



[Fig. 18. — Baies d'observation du trafic.

L'enregistrement du trafic total des sélecteurs observés se fait aussi avec deux ampèremètres, l'un enregistreur et l'autre ordinaire, gradués en 150 divisions correspondant chacune à un appareil en service.

Nous trouvons un dispositif analogue pour les sélecteurs tertiaires, dont 150 peuvent être pris en observation. Comme aucun bureau n'a 150 jonctions entrantes vers « Carnot », on peut les séparer en groupes de 25, 75, 50 ou 100, et des compteurs spéciaux indiquent, pour chacun de ces groupes, les durées d'occupation, le nombre et la durée des encombrements.

Enfin nous trouvons encore la possibilité de prendre en observation 150 quaternaires qui nous donneront le trafic total.

Toutes ces données, qui peuvent se contrôler les unes et les autres, fournissent des renseignements extrêmement intéressants sur les rendements des divers organes, et pourront être très utiles pour le calcul des prochains bureaux automatiques.

(à suivre.)

ASPECT GÉOMÉTRIQUE DE LA CONTRACTION DE LORENTZ,

par J.-B. POMEY.

Nous supposons que le lecteur connaît les premiers éléments de la théorie de la relativité restreinte. Il sait que l'on imagine deux systèmes d'axes de référence trirectangulaires $(O; x, y, z)$ et $(O'; x', y', z')$ dont les axes sont parallèles et en mouvement relatif de translation uniforme l'un par rapport à l'autre, de telle sorte que le point O' , origine du second système, se déplace sur l'axe Ox avec une vitesse v . Les axes Ox et $O'x'$ sont toujours emportés par la même droite. Si l'axe Ox est considéré comme au repos, l'axe $O'x'$ glisse sur lui avec la vitesse v .

Pour simplifier, nous ferons abstraction des axes des y et des z , et nous rappelons seulement qu'on associe à chacun des deux systèmes d'axes des observateurs qui les accompagnent. Les observateurs liés au système $(O; x, y, z)$ attribuent les valeurs t, x à un événement qui se produit au point d'abscisse x et à l'époque t marquée par leurs horloges. Les observateurs liés au système $(O'; x', y', z')$ attribuent les valeurs t' et x' à ce même événement qui se produit au point d'abscisse x' et à l'époque t' marquée par leurs horloges. Cette époque t' n'a pas la même valeur que t , parce que dans la théorie de la relativité, le temps n'est pas un temps universel. La notion de simultanéité dépend de l'état de mouvement des observateurs.

L'ensemble des événements qui se produisent dans le temps et dans l'espace se place au sein de l'*univers* de Minkowski. Quand un même événement est décrit par les données (x, t) des premiers observateurs et par les données (x', t') des seconds, on a entre les résultats

des mesures effectuées par les deux observateurs, les deux relations

$$(1) \quad x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad t' = \frac{t - \frac{v}{c^2} x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

où c représente la vitesse de la lumière, qui est la même pour les deux groupes d'observateurs. Ce sont les formules de transformation de H.-A. Lorentz. On simplifiera donc les équations si l'on remplace c par l'unité, en prenant pour mesure des vitesses cette vitesse privilégiée. Il vient alors :

$$(2) \quad x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - v^2}}, \quad t' = \frac{t - vx}{\sqrt{1 - v^2}},$$

et l'on a :

$$(3) \quad x'^2 - t'^2 = x^2 - t^2.$$

Chacun des membres de cette équation se rapporte à un groupe particulier d'observateurs et la valeur commune, qui est la même, quel que soit le groupe, caractérise l'intervalle d'univers qui sépare l'événement ($x = 0, t = 0$) de l'événement considéré ; par définition et grâce à une légère modification de la géométrie euclidienne, c'est le carré de la longueur mesurant cet *intervalle*.

Notre but étant de donner un aperçu de l'interprétation géométrique de ces équations, nous les remplacerons par une seule, qui sera une équipollence. Appelons e' le vecteur unité dirigé vers l'avenir pour les observateurs (O'), et e_1 le vecteur unité dirigé suivant $O'x$. Nous avons :

$$(4) \quad t'e' + x'e_1 = \frac{(e' - ve'_1)t}{\sqrt{1 - v^2}} + x \frac{(-ve' + e'_1)}{\sqrt{1 - v^2}}.$$

Posons, géométriquement

$$(5) \quad e = \frac{e' - ve'_1}{\sqrt{1 - v^2}}, \quad e_1 = \frac{-ve' + e'_1}{\sqrt{1 - v^2}},$$

ou, ce qui revient au même :

$$(6) \quad e' = \frac{e + ve_1}{\sqrt{1 - v^2}}, \quad e'_1 = \frac{ve + e_1}{\sqrt{1 - v^2}},$$

nous pourrions écrire l'équation (4) sous la forme :

$$(7) \quad t'e' + x'e'_1 = te + xe_1.$$

De la sorte, e et e_1 sont les vecteurs unités dirigés pour les observateurs O dans le temps vers l'avenir et dans l'espace suivant Ox .

Nous appellerons x le vecteur d'univers qui a pour origine le point $(0,0)$ et pour extrémité l'événement (m) considéré, lequel se traduit par le point (x,t) dans le système de référence (e, e_1) et par le point (x',t') dans le système de référence (e', e'_1) .

On a donc

$$(8) \quad x = t'e' + x'e'_1 = te + xe_1,$$

et le carré de la longueur du vecteur d'univers Om est

$$(9) \quad \overline{Om}^2 = (x \ x) = -t^2 + x^2 = -t'^2 + x'^2.$$

Cette longueur est la même dans les deux systèmes de référence, l'intervalle d'univers des deux événements $(0,0)$ et (m) est un invariant. Son carré est donné par la forme quadratique fondamentale

$$-T^2 + X^2.$$

Par les équations (6), nous voyons que le vecteur e' dirigé vers l'avenir pour les observateurs du système (O') a une composante de temps suivant e et une composante d'espace suivant e_1 pour les observateurs du système (O) .

La composante de temps est $\frac{1}{\sqrt{1-v^2}}$.

La composante spatiale est $\frac{v}{\sqrt{1-v^2}}$.

Par conséquent, un phénomène qui pour les observateurs (O') se produit en un point fixe et dure une seconde paraîtra durer un temps $\frac{1}{\sqrt{1-v^2}}$ aux yeux des observateurs (O) . C'est la dilatation dans le temps. C'est une sorte de *ralentissement* des horloges de (O') en raison de leur mouvement, selon le jugement des observateurs de l'autre système.

Passons maintenant à la contraction dans l'espace.

Nous simplifierons encore les équations (2) en posant

$$(10) \quad x_0 = \frac{1}{\sqrt{1-v^2}}, \quad t_0 = \frac{v}{\sqrt{1-v^2}}.$$

Si donc on considère l'intervalle Om_0 comme représenté par le vecteur unité OA_0 , on pourra dire que (17) est l'équation de la même hyperbole que (11).

Considérons alors une règle $O'M'$ qui repose sur l'axe $O'x'$. Lorsque le temps t' variera, les divers éléments matériels de cette règle décriront, dans le système de référence (e', e'_1) , des trajectoires qui seront égales et parallèles et seront constituées par des parallèles à l'axe des temps t' , chacune de ces parallèles correspondant à une abscisse invariable. Le point figuratif du point O (ou O') décrira l'axe Ot' lui-même, le point figuratif de l'élément qui est en M' décrira une parallèle à Ot' , laquelle, à un certain moment, coupera l'axe Ox en un point M . C'est ainsi qu'à des époques t' différentes aux yeux des observateurs (O') les divers éléments de la règle se trouveront sur l'espace linéaire Ox et nous pouvons supposer qu'ils y laissent leur empreinte. Aux yeux des observateurs (O) toutes ces empreintes seront contemporaines et se seront produites à l'époque $t = 0$. Les observateurs (O) verront donc à une certaine époque $t = 0$ tous les éléments de la règle $O'M'$ occupant la longueur OM de l'axe Ox et pour eux, cette longueur OM sera celle de la règle. Plaçons-nous dans le système des observateurs (O); à l'époque $t = 0$, l'origine de la règle est en O , c'est un premier événement; à cette même époque, son extrémité est en M , c'est un second événement. Soit Om l'intervalle d'univers de ces deux événements; le carré est un invariant et l'on a :

$$(18) \quad \overline{Om}^2 = x^2 - 0 = x'^2 - t'^2,$$

en posant

$$(19) \quad OM = x, \quad OM' = x', \quad M'M = t'.$$

(car $M'M$ est, comme nous l'avons remarqué parallèle à Ot').

De là, résulte :

$$(20) \quad x'^2 = x^2 + t'^2.$$

Mais la seconde équation (14), pour $t = 0$, donne :

$$(21) \quad t' = -t_0 x,$$

D'où :

$$(22) \quad x'^2 = x^2 + t_0^2 x^2 = x^2 (1 + t_0^2) = x^2 x_0^2 = \frac{x^2}{1 - v^2},$$

ou :

$$(23) \quad x = x' \sqrt{1 - v^2}.$$

Par conséquent, la règle à laquelle les observateurs (O') attribuent la longueur x' n'a, au jugement des observateurs (O), que la longueur diminuée (23), comme si le mouvement produisait une contraction.

Ajoutons, pour terminer, que cette apparence est réciproque ; car, d'après les formules (5) et (6), on passe des observateurs (O) aux observateurs (O'), en changeant le signe de la vitesse. Si donc la règle repose maintenant dans le système (O), nous devons retrouver la formule (23), en intervertissant x et x' et changeant le signe de v . Mais comme v n'intervient que par son carré, on voit que les observateurs (O') trouveront à leur tour une longueur moindre que les observateurs (O).

Ce mode d'exposition est celui de Hermann Weyl (3^e éd. allemande : p. 153).

NOYAUX DE BOBINES PUPIN EN PERMALLOY,

par Franz J. DOMMERQUE (1).

L'alliage nickel-fer, bien connu par l'emploi qu'on en a déjà fait dans la fabrication des câbles sous-marins Krarup, a été, au cours de ces dernières années, réalisé sous forme de tôles dans lesquelles on découpe par estampage des pièces entrant dans la constitution de certains appareils téléphoniques, tels que les relais et les transformateurs. Tout dernièrement, on a employé un alliage de ces deux métaux, appelé *permalloy*, pour fabriquer des noyaux de bobines Pupin : on est parvenu, en effet, à surmonter toutes les difficultés relatives à la pulvérisation de l'alliage, à l'isolement et au moulage de la poudre sous haute pression. D'une communication présentée en février 1928, au cours d'une séance de l'A.I.E.E., par Shackelton et Barber, nous extrayons les renseignements suivants sur le mode de fabrication des noyaux en poudre de permalloy et sur les résultats obtenus. Le procédé de fabrication a été développé par la Western Electric Co de Chicago.

Tout d'abord, par fusion et laminage, l'alliage est rendu cassant au point que des bandes ou plaques de 6 millimètres d'épaisseur peuvent être facilement brisées avec la main. Ecrasée dans un moulin à marteaux ou à billes, cette substance cassante peut être sans difficulté réduite à l'état de poudre fine. Cette poudre est ensuite l'objet d'un traitement en vue d'en isoler les particules, car la poudre de permalloy non isolée est le siège de pertes par courants de Foucault. On s'était aperçu cependant que les fines particules de poudre, durcies par le moulin à billes, perdaient facilement au moulage leur couche isolante, d'ailleurs extrêmement mince. C'est pourquoi,

1. Traduction d'un article publié par la revue allemande *Zeitschrift für Fernmeldtechnik* (novembre 1928) sous le titre de *Aus der amerikanischen Fernmelde-literatur*.

•

avant d'isoler la poudre, on la ramollit par un recuit, qui a également une influence favorable au point de vue des pertes par hystérésis. Mais comme, pendant le recuit, la poudre s'agglomère pour former une galette qui deviendrait trop dure, on fait encore passer la matière dans un concasseur et un broyeur.

L'isolement des particules est très difficile à obtenir et exige de grandes précautions, car la couche isolante doit être extrêmement mince afin que la matière agglomérée ait un poids spécifique comparable à celui du métal solide, ce qui est nécessaire surtout pour obtenir une perméabilité convenable. La poudre de permalloy, préalablement desséchée, est mélangée avec certains produits très fluides et certains autres en solution aqueuse. Le mélange se fait dans un récipient tournant que l'on chauffe afin de chasser les parties volatiles. La poudre ainsi isolée prend une couleur brune ; elle est moulée à la presse sous forme de noyaux, sous une pression d'environ 200.000 livres par pouce carré (14.000 kilos par centimètre carré). La presse est munie d'un dispositif pneumatique permettant d'abaisser automatiquement la pression dès qu'elle a atteint la valeur désirée. La figure 1 montre l'influence des conditions du moulage sur la perméabilité de la poudre de permalloy ainsi comprimée.

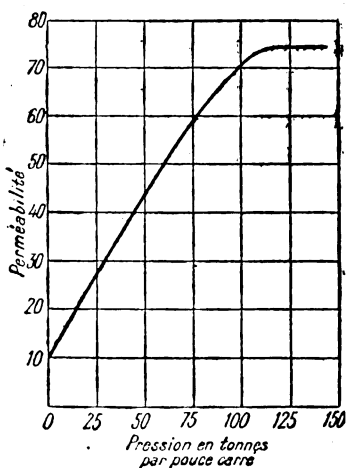


Fig. 1. — Influence de la pression sur la perméabilité de la poudre de permalloy comprimée.

Afin d'augmenter leur résistance mécanique, on doit soumettre les noyaux comprimés à un recuit. Le recuit doit être conduit rapidement et à une température uniforme. Le permalloy porté à haute température contient encore une faible quantité de produits solubles dans l'eau, dont on doit le débarrasser. Les récipients dans lesquels se fait cette opération permettent également un séchage par le vide. Les noyaux ainsi préparés sont enfin enduits d'une mince couche de laque.

La fabrication des noyaux en permalloy présente une grande analogie avec celle des noyaux en poudre de fer, mais elle exige beaucoup plus de soins et de précision ; l'appareillage utilisé doit d'une part permettre une production en série et comporter d'autre part des instruments de mesure spéciaux et précis pour conduire les phases successives de la fabrication.

Shackelton et Barber ont décrit en détails les propriétés du permalloy pulvérisé et comprimé, et nous croyons intéressant de les faire connaître à nos lecteurs.

Le poids spécifique varie de 7,8 à 8,3. Pour l'alliage de 80 % de nickel avec 20 % de fer (plaques), il est de 8,6.

Des essais de traction sur des tores donnèrent, en moyenne,

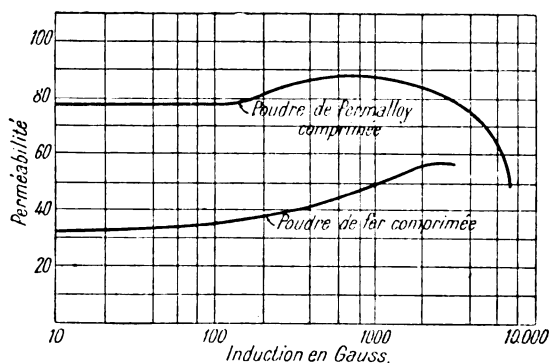


Fig. 2. — Caractéristiques perméabilité-induction de la poudre de permalloy et de la poudre de fer comprimées.

une charge de rupture de 265 livres par pouce carré (19 kilos par centimètre carré).

La résistivité mesurée au courant continu directement sur des tores est comprise entre 1 et 20 ohm/cm. La résistivité peut varier beaucoup sans que cela exerce une influence sur les propriétés magnétiques. Cependant, une valeur de la résistivité inférieure aux valeurs qu'on vient d'indiquer est l'indice d'un isolement imparfait des particules de permalloy et s'accompagne de pertes par courants de Foucault dépassant la normale.

Pour maintenir une perméabilité constante des noyaux, on ne

doit pas perdre de vue qu'il est impossible d'obtenir simultanément une grande perméabilité et un haut degré de stabilité et de perte dans le fer réduits. Les deux courbes de la figure 2 indiquent la relation entre la perméabilité et l'induction pour la poudre de permalloy et la poudre de fer comprimées. On voit 1° que le permalloy possède une perméabilité initiale plus élevée que le fer ; 2° que l'intervalle dans lequel peut varier l'induction sans que la perméabilité cesse d'être pratiquement constante est plus étendu pour le permalloy que pour le fer divisé ; 3° que le permalloy présente une plus faible variation relative de perméabilité lorsque l'induction varie dans un intervalle étendu.

La perméabilité initiale des noyaux destinés aux usages indus-

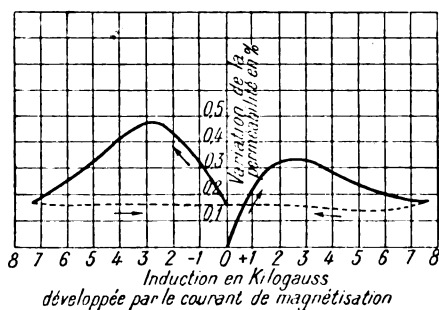


Fig. 3. — Variation de la perméabilité initiale de la poudre de permalloy comprimée, magnétisée par un courant continu.

triels doit se maintenir entre les valeurs 69 et 81, ce qui correspond à un écart maximum égal, en moyenne, à $\pm 8\%$. Les noyaux sont généralement construits de telle sorte que, pour le domaine normal des courants téléphoniques, les valeurs de l'induction développée par ces courants ne sortent pas de l'intervalle correspondant à la portion initiale horizontale de la courbe de la perméabilité en fonction de l'induction sur la figure 2. Cependant, des contacts accidentels avec des sources de courant continu ou des conducteurs de forts courants de basse fréquence donnent des valeurs supérieures, et il ne doit, en aucun cas, en résulter une variation trop importante de l'inductance des bobines. Une plus grande importance encore

doit être accordée à l'action qu'exercent sur la perméabilité initiale, les magnétisations antérieures aussi bien positives que négatives, comme on peut s'en rendre compte par l'examen de la courbe de la figure 3. On voit que la variation atteint sa valeur maximum au voisinage d'un champ de 2500 gauss. Les variations sont cependant si faibles que l'écart maximum du point initial reste au dessous de 0,5 %. Lorsque la substance a été fortement magnétisée, elle présente une nouvelle perméabilité initiale, de 0,2 % environ plus élevée que celle qu'elle possédait à l'origine.

Les pertes dans le noyau ou plutôt les relations entre les pertes dans le noyau, la fréquence et la valeur de l'induction de travail ou densité de flux doivent être connues. Pour étudier ces relations, on se sert de l'équation

$$W = \eta v / B^x + \gamma v f^2 B^2. \quad (1)$$

Cependant, comme la « résistance en série équivalente » de la bobine est la chose qui nous intéresse le plus, il est plus commode d'écrire l'équation précédente sous la forme :

$$\frac{R_1}{L} = 8\pi \eta f \mu B^{x-2} + 8\pi \mu \gamma f^2. \quad (2)$$

Les symboles employés dans cette équation ont la signification suivante :

W = puissance perdue, en ergs par seconde,

η = coefficient d'hystérésis,

v = volume du noyau, en centimètres cubes,

f = fréquence, en p.p.s.,

B = densité de flux maximum,

V = coefficient de courants de Foucault,

R_1 = « résistance en série équivalente » (résistance correspondant aux pertes dans le noyau),

L = inductance des bobines, en henrys,

μ = perméabilité,

x = exposant d'hystérésis.

Le premier terme du second membre de l'équation (1) donne la perte par hystérésis, et le second terme la perte par courants de Foucault. Les termes correspondants de l'équation (2) donnent la

résistance en série correspondant à la perte par hystérésis et à la perte par courants de Foucault. La perte par courants de Foucault est indépendante de l'induction de travail, ce qui signifie que pour une bobine d'inductance donnée et ayant un noyau de perméabilité déterminée, la résistance apparente correspondant aux courants de Foucault est la même, que la perte due à ces courants soit grande ou faible. Ce fait apporte une restriction fâcheuse à la construction de bobines à haut rendement, quand il s'agit de fréquences élevées, pour lesquelles les pertes par courants de Foucault sont souvent les plus importantes.

Le facteur $8\pi\mu\gamma$ est une constante du noyau et détermine sa qualité du point de vue de la perte par courants de Foucault. On doit maintenir ce facteur à une valeur relativement faible, si l'on veut que soient faibles les pertes par courants de Foucault. Pour la poudre de permalloy, il faut d'une part réduire γ par l'emploi de particules de poudre finement broyées et isolées, et d'autre part également limiter la perméabilité de travail du noyau comprimé. On donne, dans le tableau 1-A, des valeurs moyennes du coefficient de courants de Foucault et du produit $\mu\gamma$, pour la poudre de permalloy et la poudre de fer. Le coefficient pour le permalloy est environ de 50 % plus faible que pour la poudre de fer ; par suite, le produit $\mu\gamma$ n'est que de 38 % plus élevé, bien que la perméabilité soit plus que le double.

TABLEAU 1.

CARACTÉRISTIQUES MAGNÉTIQUES DE NOYAUX EN POUDRE
COMPRIMÉE POUR DE FAIBLES INDUCTIONS.

A. Perméabilité et coefficient de courants de Foucault.

	Permalloy.	Fer.
Perméabilité (moyenne) μ	75	35
Coefficient de courants de Foucault γ .	0,0021.10 ⁻⁶	0,0035.10 ⁻⁶
Produit $\mu\gamma$	0,16.10 ⁻⁶	0,123.10 ⁻⁶

B. Perte par hystérésis.

Champ B.	Pertes, en ergs par cmc.	
	Permalloy.	Fer.
1 gauss	$0,017 \cdot 10^{-4}$	$0,064 \cdot 10^{-4}$
2 —	0,08	0,33
5 —	0,64	3,5
10 —	3,7	23,8
15 —	10,7	75,5
20 —	23,5	172
30 —	72	

Les chiffres donnés dans le tableau B, pour les pertes par hystérésis, sont valables pour un domaine type de densités de flux. Ces

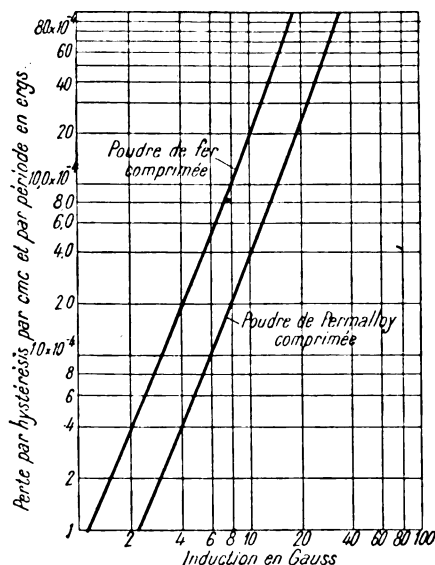


Fig. 4. — Caractéristiques de pertes par hystérésis de la poudre de permalloy et de la poudre de fer comprimées.

résultats sont portés, en échelle logarithmique, sur la figure 4, la courbe de gauche étant relative à la poudre de fer, celle de droite à la poudre de permalloy. Les deux courbes ne sont pas tout à fait des lignes droites d'où il ressort que l'exposant d'hystérésis α n'est pas une constante ; les courbes sont cependant parallèles et ont donc

en chaque point des exposants presque égaux. L'écart important entre ces deux courbes montre que, pour une perte par hystérésis donnée, la poudre de permalloy est utilisable dans le cas d'inductions notablement supérieures.

Si l'on divise la valeur de ηB^x par B^2 , on obtient la partie variable de l'expression de la résistance équivalente, soit ηB^{x-2} . Les valeurs du produit de ηB^{x-2} par la perméabilité moyenne sont indiquées sur la figure 5. Si l'on multiplie les ordonnées de ces courbes par $8\pi f$, on

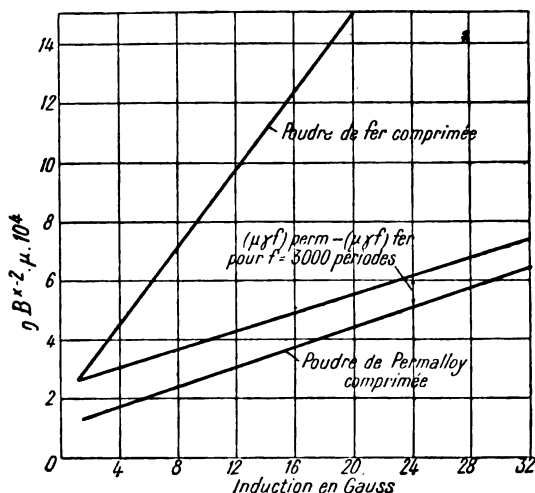


Fig. 5. — Relation entre l'induction $B_{\max}$ et $\eta B^{x-2} \mu$ pour la poudre de permalloy et la poudre de fer comprimées.

obtient la résistance correspondant à la perte par hystérésis en ohms / henrys pour la fréquence et la densité de flux désirées. On peut voir facilement, d'après ces courbes, pour quelles densités de flux les résistances correspondant à la perte par hystérésis dans le noyau sont égales. On peut trouver de la façon suivante pour quelles valeurs de l'induction les résistances correspondant aux pertes totales dans le fer sont les mêmes à une fréquence déterminée.

Comme les résistances correspondant aux courants de Foucault ne dépendent pas de la densité de flux, leur différence doit également être constante. Si, par conséquent, on trace une courbe parallèle à la courbe de perte par hystérésis avec un écart proportionnel

à cette différence, on obtient les densités de flux pour lesquelles les résistances correspondant aux pertes totales dans le noyau sont égales. Sur la figure 5, on a tracé une courbe de ce genre pour une fréquence de 3.000 p.p.s. ; cette fréquence se trouve un peu au dessus de la fréquence maximum pour laquelle ont été construites certaines bobines Pupin à noyau en poudre de fer destinées à une transmission économique.

Pour terminer, esquissons rapidement la transformation de l'équation de Steinmetz $W = \eta v f B^x + \gamma v f^2 B^2$.

On a aussi $W = R_1 I^2 \cdot 10^7$, où R_1 désigne la résistance effective en ohms correspondant à la perte d'énergie dans la substance du noyau. On obtient cette résistance en retranchant la résistance en courant continu de la résistance mesurée pour une fréquence déterminée.

I est l'intensité du courant en ampères (racine carrée de la valeur moyenne des carrés des intensités instantanées).

En outre, on a :

$$L = \frac{4\pi\mu N^2 A}{l \cdot 10^9},$$

où N est le nombre total de tours bobinés sur le noyau ; A , la section du noyau en centimètres carrés ; l la longueur moyenne du circuit magnétique en centimètres.

$$H = \frac{4\pi N I \sqrt{2}}{l \cdot 10}$$

est le champ magnétisant en gauss.

$v = l \cdot A$ est le volume du noyau en centimètres cubes.

Si l'on élimine, dans l'équation $W = R_1 I^2 \cdot 10^7$, les valeurs I et v qui sont données par les expressions ci-dessus, on obtient :

$$\frac{R_1}{L} = 8\pi\eta\mu f B^x + 8\pi\mu\gamma f^2.$$

Le *Journal of the Franklin Institute* de septembre 1928 publie un article de G. W. Elmen intitulé *Propriétés magnétiques du permivar*,

qu'il est intéressant de rapprocher de l'article de Franz J. Dommerque.

G. W. Elmen étudie les propriétés magnétiques des alliages de fer, de nickel et de cobalt et indique le mode de préparation de ces alliages et l'influence considérable qu'a le traitement thermique sur les propriétés finales : à ce dernier point de vue, les alliages refroidis brusquement et les alliages refroidis lentement ont des propriétés magnétiques nettement différentes : les alliages refroidis brusquement conservent leur structure de solution solide homogène, au lieu que les alliages refroidis lentement se comportent comme des mélanges de deux solutions solides de concentrations différentes. L'auteur voit une preuve de cette différence de structure dans la forme des courbes d'hystérésis des alliages ayant subi des traitements différents : la courbe d'hystérésis des alliages refroidis brusquement présente, comme toutes les courbes d'hystérésis de matériaux homogènes, une partie renflée à l'intersection de l'axe des H , alors que la courbe d'hystérésis des alliages refroidis lentement présente, dans la même région, le rétrécissement caractéristique des circuits magnétiques constitués par des matériaux de propriétés différentes.

L'auteur indique que des alliages à 45 % de nickel, 25 % de cobalt et 30 % de fer ont été employés avec succès pour la charge continue des fils téléphoniques, pour la construction de bobines de charge et de bobines de filtre (N.D.L.R.)

BREVETS D'INVENTION.

I. TÉLÉGRAPHIE.

648.254. Perfectionnements aux systèmes télégraphiques et aux circuits correspondants (Willoughby Statham Smith et Norman William Mc Lachlan, Angleterre).

650.014. Procédé et dispositif pour obtenir la marche en synchronisme de deux ou plusieurs machines (C. Lorenz Aktiengesellschaft, Allemagne).

On utilise un courant alternatif de contrôle de fréquence stable, que l'on superpose à un courant alternatif dérivé du dispositif à contrôler, ces deux courants présentant une différence de phase telle, que les variations du courant résultant agissent sur un dispositif permettant de modifier la vitesse du mécanisme à contrôler (frein à courants de Foucault, régulateur Tirrill, etc...).

II. TÉLÉPHONIE.

647.123. Système téléphonique automatique (Compagnie des téléphones Thomson-Houston, France).

647.720. Dispositif automatique d'intercommunication spécialement applicable aux centraux téléphoniques ruraux (Société des téléphones Grammont, France).

648.726. Commutateur de ligne du type à plongeur (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

647.759. Perfectionnements aux champs de contacts multiples pour sélecteurs (Telephonaktiebolaget L. M. Ericsson, Suède).

Chacune des lignes auxiliaires auxquelles ont accès les sélecteurs d'un groupe est constituée par trois fils nus parallèles, tendus dans un plan horizontal ; les différentes lignes sont placées parallèlement, les unes au dessous des autres, dans des plans horizontaux superposés. A chaque sélecteur, correspondent trois fils nus tendus verticalement dans un plan perpendiculaire aux lignes auxiliaires : à hauteur de chacune des lignes auxiliaires, trois conducteurs, reliés aux trois fils du sélecteur et fixés dans une plaque isolante, sont disposés en regard des trois fils de la ligne auxiliaire et peuvent venir en contact avec ces derniers sous l'action du mécanisme du sélecteur. Chaque sélecteur comporte un arbre vertical, qui peut recevoir des mouvements d'ascension et de rotation ; sur cet arbre, sont enfilés, par exemple, dix manchons (si le sélecteur a accès à dix groupes de lignes auxiliaires) superposés ; lorsque l'arbre reçoit, par exemple, quatre impulsions d'ascension, une des dix goupilles fixées sur l'arbre vient réaliser l'accouplement de l'arbre et du

manchon n° 4 en s'engageant dans une entaille portée par ce dernier ; lorsqu'ensuite l'arbre reçoit, par exemple, trois impulsions de rotation, il entraîne dans son mouvement le seul manchon n° 4, et ce dernier tourne de trois pas. Chacun des manchons porte, par exemple, vingt goupilles (si chaque groupe de lignes auxiliaires se compose de vingt lignes) disposées hélicoïdalement : lorsque le manchon n° 4 a tourné de trois pas, la goupille n° 3 portée par ce manchon vient actionner la plaque isolante placée en regard de la troisième ligne auxiliaire de groupe n° 4 et réalise la jonction entre cette ligne et le sélecteur. Pour la libération, l'arbre du sélecteur achève son mouvement de rotation et retombe.

647.760. Perfectionnements aux sélecteurs de groupes (Société Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson, Suède).

Le brevet vise différentes dispositions permettant aux sélecteurs décrits dans le brevet n° 647.759 d'explorer les lignes auxiliaires d'un faisceau déterminé dans un ordre de succession variable pour chacun des groupes de sélecteurs ayant accès au faisceau considéré.

647.783. Boîte étanche pour sous-répartition intégrale de câbles téléphoniques (Monnier et Desjardin, France).

648.079. Perfectionnement aux amplificateurs téléphoniques et radiotéléphoniques (Pierre-Jack Wolff, France).

648.370. Dispositifs de liaison d'installations téléphoniques automatiques aux réseaux publics (C^{ie} générale de télégraphie et de téléphonie, France).

Ce brevet comporte deux cas :

1° Une installation automatique mixte avec tableau manuel, reliée à un réseau à B.C. ou automatique. Ce système permet la prise directe du réseau, par l'intermédiaire d'un répéteur et d'un bouton d'appel, si celui-ci est automatique. Il donne la possibilité aux postes de l'installation de converser entre eux par l'automatique, d'appeler l'opératrice, de lui demander une conversation réseau et d'être appelés par elle. L'emploi de cordons ordinaires pour les postes privés spécialisés pour les postes supplémentaires et de relais de secret, interdit aux postes privés l'accès des lignes réseau.

2° Un central automatique tout au réseau avec tableau manuel à B.L. relié à un réseau à B.L. : Des cordons ordinaires assurent les communications entre les différents postes supplémentaires. Des cordons réseau permettent l'établissement des communications entre le réseau et les postes supplémentaires par l'intermédiaire de l'opératrice du tableau.

Le secret des conversations est assuré dans les deux cas.

648.647. Perfectionnements apportés aux installations avec câbles de grande longueur (Suddeutsche Telephon-Apparate-Kabel-u. Drahtwerke A.G., Allemagne).

On forme des groupes de quatre paires que l'on câble en étoile ; le circuit fantôme est constitué par les deux paires diamétralement opposées. Ainsi le rapport de la capacité du circuit fantôme à celle du circuit réel est inférieur à 1,2, tandis que dans le câblage D.M. ce rapport est d'environ 1,62. A affaiblissement égal pour les circuits réels et fantômes on aura donc une fréquence de coupure beaucoup plus grande pour le fantôme, et à fréquence de coupure égale un affaiblissement beaucoup plus petit.

648.774. Perfectionnements aux liaisons téléphoniques (Société industrielle des téléphones, France).

Perfectionnement au brevet n° 578.144 du 24 juin 1924 concernant l'utilisation de tierces symétriques. Les trois fils de cette tierce peuvent être pris en parallèle pour constituer avec la terre une vole télégraphique ; deux de ces fils en série donnent une première vole téléphonique et ces deux mêmes fils en parallèle et le troisième en série donnent une seconde vole téléphonique. Le brevet décrit les dispositifs terminaux et l'équipement des points de charge nécessitant trois bobines à trois enroulements : deux identiques et un de nombre de tours double. Les trois fils de la tierce peuvent eux-mêmes être constitués par les voies télégraphiques de trois tierces ou par trois paires prises en parallèle. On peut former aussi une double tierce ou une quadruple tierce câblée en étoile.

648.783. Bobines de charge pour tierces (Société industrielle des téléphones, France).

Procédé de construction des bobines à trois enroulements destinées à la charge des tierces symétriques décrites dans le brevet n° 648.774.

648.868. Perfectionnements apportés aux lignes téléphoniques isolées par du papier et par un espace d'air (Société Felten et Guillaume Carlswerk Aktien-Gesellschaft, Allemagne).

Dans les câbles téléphoniques sous papier fabriqués selon le procédé dit « à la ficelle », la bande de papier qui recouvre chaque conducteur est maintenue à une distance déterminée de ce dernier par une ficelle enroulée en hélice sur le conducteur : le perfectionnement visé par le brevet consiste à utiliser une ficelle de soie artificielle.

649.260. Support tournant pour appareils téléphoniques (Paul Fitzner, Allemagne).

649.430. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques ou semi-automatiques (Le matériel téléphonique, France).

Dispositif pour bureaux automatiques à satellites sans envoyeur. Les lignes de jonction, utilisées dans les deux sens, possèdent à chaque extrémité des commutateurs pas à pas fonctionnant synchroniquement, dont la commande se fait au moyen d'un des fils, le deuxième servant à la charge de la batterie.

649.518. Disposition de connexion pour la transmission de signaux (Siemens et Halske Aktien-Gesellschaft, Allemagne).

Le dispositif comprend en parallèle sur le circuit deux filtres F_1 et F_2 ; F_1 arrête la fréquence de signalisation choisie dans le domaine des fréquences transmises et laisse passer toutes les autres ; F_2 au contraire ne laisse passer que la fréquence de signalisation. A la sortie de ces deux filtres sont montées deux lampes redresseuses. L'après F_1 , II après F_2 . Les courants de signalisation actionnent un relai M monté dans le circuit plaque de II ; les courants de même fréquence contenus dans les courants de conversation ne l'actionnent pas, car les autres fréquences produisent dans le circuit plaque de I un courant qui bloque électriquement la lampe II ou mécaniquement le circuit du relai M .

33.602. Perfectionnements aux récepteurs, émetteurs téléphoniques, relais électriques et analogues (Albert-Marie Marquer, France). (1^{re} addition au brevet 594.032).

III. TRANSMISSION DES IMAGES.

647.927. Appareil pour la transmission ininterrompue d'images (Société dite : Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Allemagne).

Modification des appareils téléphotographiques, à tambour sur lequel l'image à transmettre (ou à recevoir) est enroulée, permettant de substituer automatiquement (ou par commande manuelle) un tambour à un autre afin de pouvoir transmettre sans interruption une image après l'autre.

648.317. Procédé et dispositif pour la transmission d'images (Société dite : Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Allemagne).

649.097. Perfectionnements apportés à l'application des cellules photo-électriques remplies de gaz (The General Electric Company, Angleterre).

Montage d'une cellule photoélectrique à gaz en série avec un limiteur de courant et une batterie de tension supérieure à la tension disruptive qui amorce une décharge dans cette cellule ; on obtient ainsi des oscillations dont on peut faire varier la fréquence (ou même qu'on peut faire cesser complètement) en éclairant la cellule. Ce montage se comporte donc comme un détecteur de lumière (photométrie) ou comme un émetteur de signaux photoélectrique (téléphotographie).

649.103. Perfectionnements aux systèmes de télévision et analogues (Electrical Research Products Inc., Etats-Unis).

Emploi de rayons ultra-violets ou infra-rouges pour l'éclairage de l'objet à transmettre, la lumière diffusée par les divers points de cet objet successivement agissant sur des cellules photoélectriques au potassium (particulièrement sensibles aux rayons ultra-violets) ou sur des éléments au sulfure de thallium (particulièrement sensibles aux rayons infra-rouges).

IV. RADIOCOMMUNICATIONS.

647.984. Radio-récepteur sans commutateur (Edmund Borusiewicz, Russie).

648.079. Perfectionnement aux amplificateurs téléphoniques et radiotéléphoniques (Pierre-Jack Wolff, France).

648.121. Résonateur ou oscillateur de quartz piézo-électrique (Société Radiofrequenz et Heinrich Eberhard, Allemagne).

648.187. Perfectionnements dans les montages de réception de T.S.F. (Edmond Choupay, France).

648.240. Pavillon pour haut-parleur de T.S.F. et usages similaires (Louis Béchereau, France).

648.342. Dispositif indiquant le nom des stations pour appareil de T.S.F. (Lucien Sinard, France).

648.465. Dispositif de commande unique de plusieurs éléments variables (Jacques Tricou, France).

649.790. Système d'inducteurs électrodynamique pour microphones, haut-parleurs, ou dispositifs analogues (N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Pays-Bas).

Il s'agit de guider l'enroulement mobile d'un haut-parleur électrodynamique, en lui donnant une faible élasticité et un fort amortissement. Ceci est obtenu par glissement de surfaces cylindriques en velours, flanelle ou feutre.

649.849. Dispositif de commande particulièrement applicable aux systèmes de télémechanique (Société française radio-électrique, France).

650.013. Dispositif pour maintenir constantes la fréquence et la différence de phases mutuelle de phénomènes périodiques (C. Lorenz Aktiengesellschaft, Allemagne).

33.528. Perfectionnements aux amplificateurs de signaux électriques par lampes électroioniques (Joseph Bouteille, France) (2^e addition au brevet 628.545).

33.534. Dispositif différentiel à frottement pour l'élimination des perturbations apériodiques (Henri de Regnaud de Bellescize, France). (3^e addition au brevet 587.625).

REVUE DES PÉRIODIQUES.

L'emploi des machines à copier dans la comptabilité télégraphique internationale (J. JACOB, *La technique moderne*, 1^{er} février 1929). — Parmi les sources de revenus que procure l'exploitation du réseau télégraphique français, une des plus importantes est constituée par le trafic international, qui englobe trois catégories de télégrammes : ceux de départ, ceux d'arrivée et ceux de transit.

Les taxes payées pour la transmission de ces télégrammes sont réparties, selon certaines modalités, entre les différents offices des nations ayant contribué à leur acheminement.

En France, la répartition des taxes pour les trois catégories de télégrammes envisagées et la comparaison des chiffres ainsi obtenus avec ceux des offices étrangers sont opérés par le service de la comptabilité internationale. La comptabilité est établie sur pièces, par des agents spécialement affectés à ce travail, au moyen des originaux des télégrammes de départ et des copies (prises depuis quelques mois au moyen de machines spéciales) des télégrammes de transit et d'arrivée.

Par ailleurs, des machines à additionner, à soustraire, à multiplier viennent simplifier autant qu'il est possible, la tâche du personnel comptable.

Description des machines. — Les premières machines à copier utilisées ont été celles de la société Calothy. Ces machines, quoique robustes et bien conçues, ont dû être remplacées en partie par des machines plus importantes, les Victoria, qui offraient, avec un débit plus grand, le gros avantage de sécher directement les copies ; les machines Calothy sont d'ailleurs en voie de transformation et d'amélioration en ce qui concerne le séchage direct des copies.

Les organes de calquage occupent la partie supérieure des machines en service.

Un rouleau de papier (fig. 1), dont la bande passe dans le bain réactif (lessive de soude), se déroule, entraîné par trois cylindres, dont l'un, placé à l'avant, est commandé par le moteur. Ce cylindre transmet son mouvement de rotation aux deux autres cylindres. Le cylindre médian, chaussé d'une semelle de caoutchouc, est placé

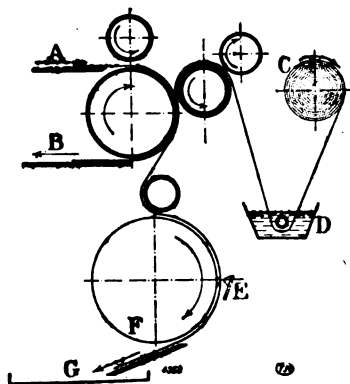


Fig. 1. — Schéma de fonctionnement de la machine Victoria.

A, entrée des télégrammes ; B, sortie des télégrammes ; C, papier à copier ; D, bac à réactif ; E, rouleau de séchage des copies ; F, copies.

sur un bras mobile, pour qu'il soit facile, en le faisant basculer, de placer la bande de papier. Le cylindre d'arrière a pour but de faciliter l'essorage du papier, par un appui variable sur le cylindre de caoutchouc.

La première encre utilisée pour la réception des télégrammes à copier fut l'encre d'aniline. Les résultats au point de vue des copies, étaient excellents ; mais cette encre offrait de tels inconvénients en ce qui concerne le personnel (taches), qu'il fut nécessaire de chercher une autre composition.

Après d'assez longues recherches, une encre noire copiatrice, donnant sur un papier passé dans un bain de soude spécial une impression d'un beau rouge, fut adoptée.

Papiers. — Toutefois, ce bain de soude offrit, en ce qui se rapporte au papier de copie, d'autres inconvénients. En effet, en cas d'arrêt momentané des machines, la pelure à copier séjournait dans le bain de soude et les fibres du papier étaient suffisamment attaquées pour que, lors de la remise en marche de la machine, le papier cassât.

Plusieurs fournisseurs furent appelés à orienter leurs recherches dans un même but : augmenter la résistance du papier à l'action du bain de soude.

De récents essais ont permis de surmonter cette dernière difficulté.

Fonctionnement. — L'opérateur place le papier sur le cylindre de caoutchouc et fait monter, à l'aide d'une manivelle, le bac contenant le liquide réactif.

Le moteur mis en marche provoque la rotation des cylindres et, par suite, l'avancement de la bande.

Le télégramme à copier est engagé dans le sens de sa longueur sous le galet d'entraînement. Il passe entre le cylindre antérieur et le cylindre de caoutchouc présentant à la bande sa face imprimée. Le

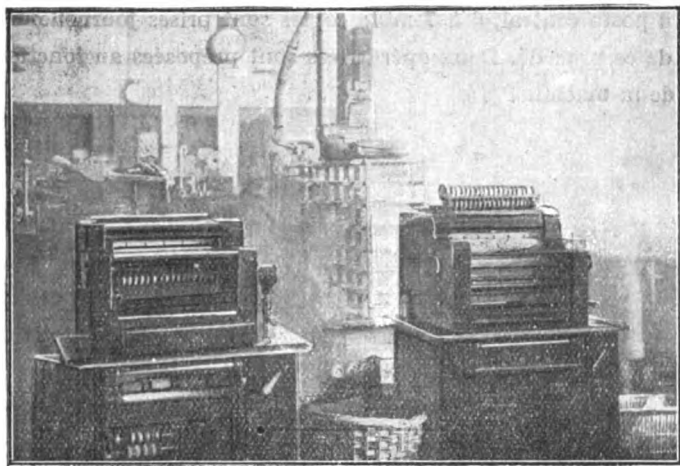


Fig. 2. — Vue des machines à polycopier de la comptabilité internationale, au poste central télégraphique de Paris.

liquide réactif provoque, sur la copie, la reproduction du télégramme. Celui-ci est, en outre, décollé du cylindre antérieur et tombe sur un plateau.

Des couteaux sectionnent la bande par longueurs égales à celles des télégrammes, et les copies ainsi formées tombent sur un tapis métallique se déplaçant de bas en haut.

Ce tapis métallique, en contact avec un cylindre chauffé électriquement, tourne avec lui ; c'est en passant autour de ce cylindre que les copies sont séchées. Ces copies sont décollées du cylindre et recueillies sur un plateau.

Rendement. — Soixante télégrammes peuvent ainsi être copiés en une minute, la largeur des cylindres permettant d'engager simultanément deux télégrammes.

Pratiquement, quarante télégrammes peuvent être copiés à la minute.

La machine peut être utilisée quatre heures consécutives sans arrêt. Dans la pratique, les temps d'arrêt et le fonctionnement étant sensiblement égaux, une même machine est utilisée pendant huit heures consécutives Elle est ensuite nettoyée.

Au poste central, 6 à 7 mille copies sont prises journellement à l'aide de ce procédé. Deux opératrices sont préposées au fonctionnement de la machine.

INFORMATIONS.

Radiotéléphonie entre les Pays-Bas et Java. —

Depuis le 8 janvier dernier, un service radiotéléphonique fonctionne régulièrement entre les Pays-Bas et l'île de Java.

Pour ce service, on utilise aux Pays-Bas un poste émetteur à Kootwijk, travaillant alternativement sur 18^m,40 et sur 38^m,80 de longueur d'onde. Ces deux circuits oscillants indépendants empruntent leur courant de haute tension à la même source d'alimentation. Chaque élément de cet émetteur à double usage est composé de trois étages, le dernier étage comportant deux lampes à circulation d'eau. Les oscillations du circuit pilote ne sont pas stabilisées par un cristal.

A Java, on travaille avec deux émetteurs à peu près analogues, dont l'un est pourvu d'un stabilisateur à cristal. Les longueurs d'ondes sont de 15^m,93 et de 28^m,20.

Des deux côtés, la réception a lieu dans des stations réceptrices séparées ; la réception de divers appareils situés à quelque distance les uns des autres est combinée.

Aux Pays-Bas aussi bien qu'à Java, les émetteurs et les récepteurs sont pourvus d'antennes directives de construction simple.

Les stations émettrices et réceptrices sont desservies à distance par des centres de manipulation, installés respectivement à Amsterdam et Bandoeng.

A Amsterdam, les conversations peuvent être transmises au moyen de circuits à quatre fils (avec microphone et téléphone séparés) ou bien de circuits bifilaires, avec application, dans ce dernier cas, d'un termineur avec appareil d'amortissage des oscillations (anti-singing).

Provisoirement, la faculté d'échanger des conversations est limitée, pour des raisons techniques, à des cabines téléphoniques

spécialement y affectées et situées à Amsterdam, Rotterdam, la Haye et Utrecht d'une part, à Bandoeng, Weltevreden, Semarang et Soerabaïa d'autre part. Ces cabines sont connectées par des communications à quatre fils avec les bureaux tête de ligne radio-téléphoniques, respectivement à Amsterdam et à Bandoeng.

Le temps pendant lequel, par les moyens actuellement disponibles, il est possible d'échanger des conversations, est limité à environ trois heures par jour.

La communication téléphonique entre abonnés ne sera possible que lorsque les installations de balances nécessaires des deux côtés seront entièrement achevées. Ces installations ont été déjà expérimentées avec succès en utilisant des circuits bifilaires.

Le montant de l'unité de taxe « spéciale » pour ce service de cabines est fixé à 30 florins pour les conversations (quels que soient les bureaux néerlandais) avec Bandoeng et Weltevreden, à 33 florins pour celles avec Semarang, et à 34^F,50 pour celles avec Soerabaïa. Les conversations privées urgentes et « éclairs » sont admises. Lorsque la durée d'une conversation dépasse trois minutes, la taxation a lieu par minute pour la période excédant les trois premières minutes.

Le dépôt des demandes de conversations ordinaires et urgentes doit avoir lieu au moins deux jours ouvrables avant le jour auquel on désire la conversation, et avant 17 heures (heure d'Amsterdam); ceci ne s'applique pas aux demandes de conversations éclairs.

S'il y a d'autres demandes en instance, la durée maximum d'une conversation est de 12 minutes, et, dans ce cas, le tarif urgent est appliqué au bout de 6 minutes pour une conversation ordinaire; s'il n'y a pas d'autres demandes en instance, toute conversation peut être prolongée indéfiniment au tarif auquel la conversation a été demandée, éventuellement jusqu'à ce qu'une autre demande soit déposée.

Le calcul de la durée de la conversation incombe au bureau directeur du côté du demandeur, et se fait à l'aide d'un chronomètre spécialement modifié. L'opératrice du bureau directeur avertit les correspondants intéressés vingt secondes avant chaque 3 minutes à charge pleine, de même que vingt secondes avant l'expiration de la

durée probable de la conversation, dans le cas où le demandeur l'a indiquée.

Le bureau d'Amsterdam indique chaque jour à celui de Bandoeng quelles conversations ont été demandées aux Pays-Bas pour le surlendemain ; Bandoeng classe ces conversations avec celles demandées à Java sur une seule liste, qui est transmise par téléphone à Amsterdam. Là-dessus, ce bureau renseigne les bureaux au sujet des lieux d'où les conversations doivent s'écouler, lesquels bureaux à leur tour en informent les correspondants (demandeurs ou demandés) aux Pays-Bas.

Le câble téléphonique Tokyo—Kobé. — D'une brochure éditée par le département des communications de l'empire du Japon à l'occasion de la pose d'un câble téléphonique entre Tokyo et Kobé et qui nous est communiquée par le directeur général de la Technique télégraphique et téléphonique au ministère des Communications, comte Sannosuke Inada, nous extrayons les renseignements suivants, relatifs à ce câble.

Ce câble est le plus long du Japon : il a 610 kilomètres, qui constituent les trois quarts de la longueur totale qu'aura le câble quand, une fois prolongé, il reliera Tokyo à Okayama.

Les travaux furent commencés en 1922, et cette première section du câble a été livrée à l'exploitation en octobre 1928. Les travaux ont donc duré environ six ans, et les dépenses totales, y compris l'installation des répéteurs, se sont élevées à 25 millions de yens. On espère que la section restant à construire entre Kobé et Okayama pourra être mise en service en mars 1930.

Ce câble est à paires combinables et comprend 27 quarts constituées par des conducteurs de 1^{mm},3 et 66 quarts constituées par des conducteurs de 0^{mm},9 (y compris une paire de réserve).

Le câble est à charge moyenne, soit 174 millihenrys pour les circuits combinants et 63 pour les circuits fantômes, avec une distance de 1^{km}, 830 entre bobines. sur l'ensemble des conducteurs, 57 quarts sont déjà chargées. Le reste sera chargé en partie avec des bobines à charge moyenne et en partie avec des bobines à charge extra-légère, et ce travail sera terminé vers la fin de 1930.

On a installé des stations de répéteurs dans les villes de Yokohama, Odawara, Toyokawa, Kameyama et Osaka pour les circuits moyennement chargés, et l'on construit actuellement à Himiji une autre station de répéteurs pour la section Kobé—Okayama. On a adopté le système à deux fils pour les lignes dont la longueur est inférieure à 400 kilomètres et le système à quatre fils pour les distances supérieures à 400 kilomètres.

BIBLIOGRAPHIE.

Manuel-agenda du personnel des Postes, Télégraphes et Téléphones, par R. MENOU, G. CALVEL et L. NAUD. Paris, Courrier des Examens, 1929, 1 vol. in-16 de 266 pages, plus l'agenda.

Cet ouvrage contient une sérieuse documentation sur l'*organisation générale* de l'administration, les modes et conditions de *recrutement du personnel* de toute catégorie, la *législation*, les *nominations*, mutations, avancements, congés, la *jurisprudence administrative*, les recours, le fonctionnement des *conseils de discipline*, les *pensions*, les *accidents du travail*, les *traitements*, les indemnités, les *emplois extérieurs* à l'administration : situations aux colonies, Trésor et Postes, Télégraphie militaire, etc...

Die Technik elektrischer Messgeräte, par G. KEINATH. 3^e édition, complètement revue. *Tome II*. Berlin, R. Oldenbourg, 1928, 1 vol. gr. in-8° de 416 pages, avec 374 figures. — Prix : broché, 22^M,50 ; relié : 24^M,50.

Les *Annales des Postes et Télégraphes*, dans leur numéro de mai 1928 (p. 443), ont déjà rendu compte de la première partie de l'ouvrage fort important et très minutieusement documenté que M. G. Keinath consacre aux dispositifs et méthodes de mesures. Cette troisième édition du tome II, que l'auteur présente au public des techniciens, a été l'objet d'une mise au point très complète, particulièrement soignée, en vue de mettre l'ouvrage réellement en harmonie avec les progrès incessants qui se réalisent dans le domaine des mesures. M. Keinath ne s'est d'ailleurs pas borné à décrire les mesures électriques proprement dites (pour les courants de diverses fréquences), qui forment cependant la majeure partie de ce tome : il a également inclus dans son travail des études détaillées relatives à des grandeurs qui ne sont pas du domaine de l'électricité mais que les tendances

modernes de la technique électrique y rattachent sans cesse davantage, comme c'est le cas pour les mesures de temps, d'espace, d'accélération etc... Il termine enfin son ouvrage par l'énumération des règles officiellement adoptées en Allemagne pour la spécification et la vérification des appareils de mesures. Aussi cette petite encyclopédie, très documentée, clairement présentée, abondamment illustrée, sera-t-elle très précieuse aux techniciens, particulièrement aux techniciens du téléphone, qui l'accueilleront très favorablement. P. C.

Étude résumée des accumulateurs électriques, par L. JUMEAU. 3^e édition. Paris, Dunod, 1928, 1 vol. in-8° de 328 pages, avec 144 figures. — Prix : broché, 58^f ; relié, 68^f.

Cet ouvrage est une troisième édition, très condensée, de l'important traité *Les accumulateurs électriques* du même auteur.

Celui-ci s'est efforcé, en réduisant la partie encyclopédique, de mettre son livre à la portée de tous les exploitants ; si, en effet, on ne peut leur demander une connaissance approfondie de tous les phénomènes, encore assez mal définis, dont les accumulateurs sont le siège, ils ne doivent cependant pas ignorer l'influence des différents facteurs qui peuvent agir sur les qualités techniques de leurs batteries.

L'auteur consacre donc à l'étude de la théorie et de la technique des accumulateurs au plomb les deux premières parties du volume ; la troisième comprend la description et les procédés de fabrication de ces accumulateurs ; la quatrième traite sommairement les accumulateurs fer-nickel. Enfin, dans la dernière partie, l'auteur s'étend assez longuement sur les applications des accumulateurs et en particulier sur les batteries de démarrage électrique, de radio-diffusion et de traction.

Cet ouvrage, très documenté, sera très utile à tous ceux qu'intéressent la technique et l'exploitation des batteries d'accumulateurs.

A. L.

Les isolateurs en porcelaine, par GUSTAVE BENISCHKE, Paris et Liège, Librairie polytechnique Ch. Béranger, 1928. 1 vol. in-16 de 151 pages.

Après des généralités par lesquelles il met en lumière certaines propriétés de la porcelaine, l'auteur fait une étude critique des différents types d'isolateurs utilisés actuellement. Pour les très hautes tensions, en particulier, il estime défectueux l'isolement par chaînes constituées par des maillons ou des isolateurs « capot et tige » à fixation intérieure. Cela exige, en effet, une chaîne formée d'un grand nombre d'isolateurs, qui ne travaillent pas, d'ailleurs, d'une façon rationnelle.

L'auteur préconise un type d'isolateur qui serait préférable, mais qui n'a pas été adopté jusqu'alors, parce que la porcelaine y travaillerait à l'extension. Ce serait un bien faible inconvénient, si les chiffres donnés par M. Benischke, pour la résistance à la traction de la porcelaine (240 kg/cmq) pouvaient être tenus pour absolument certains.

Dans un troisième chapitre, l'auteur traite de l'essai des isolateurs, et publie les principales prescriptions anglaises, françaises, italiennes et allemandes relatives aux essais d'isolateurs.

Ce petit livre, de lecture facile, peut être appelé à rendre quelques services aux exploitants des réseaux d'énergie, ainsi qu'aux céramistes qui désireraient fabriquer des isolateurs.

V.-L. D.

The installation of electric lighting and heating, par Frédéric H. TAYLOR. Londres, Chapman and Hall, 1928, 1 vol. in-8° de 136 pages, avec 154 figures.

Dans ce petit ouvrage, l'auteur a rassemblé de nombreux détails pratiques relatifs aux installations de chauffage et d'éclairage électriques. Il s'est libéré de toute théorie inutile, se bornant, dans la première partie, qui a trait aux conducteurs, à rappeler brièvement comment on calcule les sections de métal nécessaires pour avoir une chute de tension donnée pour une certaine intensité de courant.

L'auteur décrit ensuite les différents accessoires utilisés pour les installations électriques : tubes métalliques pour conducteurs, boîtes de dérivation, interrupteurs, fusibles, etc...

Enfin, deux chapitres sont consacrés aux essais des installations et aux conditions à observer pour assurer un éclairage correctement réparti.

Ce petit livre s'adresse à des praticiens qui y trouveront exposés, d'une façon claire, les règles qu'ils ont coutume de suivre.

V.-L. D.

Cours de physique générale, par H. OLLIVIER, professeur à la faculté des sciences de Strasbourg. *Tome second : thermodynamique, énergie rayonnante*. 3^e édition, entièrement refondue. Paris, Hermann, 1928. 1 vol. in-8° de 510 pages, avec 143 figures et 4 planches hors texte. — Prix : 63 francs.

Le tome II de la troisième édition de ce *Cours de physique générale* est divisé en deux parties. La première traite de la thermodynamique et de questions qui s'y rattachent. La seconde, plus diverse, renferme l'étude : 1^o de l'émission et de l'absorption des radiations (principalement au point de vue énergétique et non au point de vue ondulatoire, où l'on se place dans le tome III) ; 2^o des modifications que les radiations subissent quand un champ électrique ou un champ magnétique agissent sur la source ou sur la matière où les radiations se propagent ; 3^o des radiations émises par le Soleil et les autres astres ; 4^o de questions complémentaires.

Cette édition diffère de la précédente par de très nombreuses retouches, des remaniements et des additions importantes, mais faites sans changer le niveau de l'ouvrage au point de vue mathématique, et avec le souci constant de rester à la portée des élèves auxquels il est destiné. La plupart de ces modifications ont été apportées pour tenir compte des observations reçues de savants éminents et des demandes faites par des lecteurs de divers pays.

L'ouvrage dont le présent volume fait partie est consacré à une deuxième étude générale de la physique proprement dite. C'est une deuxième étude, car on y suppose connu à l'avance ce qui figure en physique au programme des lycées de France ; c'est une étude générale, comme celles que peuvent faire des étudiants non encore spécialisés. Il ne faut donc y chercher ni exposés très élémentaires à l'usage de ceux qui ont tout à apprendre en physique, ni études détaillées, qui empliraient plusieurs dizaines de gros volumes, de toutes les parties de cette science.

Bien que les frontières de la physique proprement dite soient fort mal définies, il a fallu délimiter le sujet et laisser de côté toutes les questions qui font l'objet d'enseignements séparés. Ainsi les sujets traités dans le présent volume sont susceptibles de recevoir, dans au moins trois grands domaines, ceux de la physique mathématique, de la chimie-physique et de la physique appliquée, des développements considérables : ces développements font l'objet d'enseignements distincts ; d'autres ouvrages leur sont consacrés.

Délibérations de la Commission d'étude des unités et grandeurs de 1907 à 1927 (Verhandlungen des Ausschusses für Einheiten und Formelgrößen in den Jahren 1907 bis 1927), publiées par J. WALLOT. Berlin, Springer, 1928. 1 cahier in-4° de 50 pages, avec 14 figures. — Prix : 5 marcs.

La Commission d'étude des unités et grandeurs (AEF) comprend des représentants des principales associations d'ingénieurs allemands. Des sous-commissions, en très grand nombre, sont chargées d'étudier chacune une question déterminée se rapportant au choix de l'unité la plus convenable pour une grandeur donnée (définition, grandeur, symbole), ou à la définition précise d'une grandeur entrant dans les formules (une vitesse, un flux...), ou tout autre sujet analogue. Une première publication des travaux de la Commission a été faite en 1914 par M. Strecker ; la présente publication est la deuxième. Elle contient des décisions très intéressantes sur quantité de points d'un très vaste domaine : mathématiques (notations du calcul vectoriel), physique, électricité, électrochimie. Les notes qui donnent les raisons pour lesquelles telle définition a été préférée, tel symbole choisi, sont la partie la plus attachante de l'ouvrage. A la dernière page une liste des sujets actuellement étudiés par la commission nous la montrent préoccupée des questions à l'ordre du jour en mécanique et en électricité alternatives. Cet ouvrage de documentation intéressera tous ceux qui suivent le développement des travaux techniques allemands.

P. L. C.

La balance à calcul, par STANISLAS MILLOT. Paris, Gauthier-Villars et C^{ie}, 1928. 1 broch. gr. in-8° de 20 pages.

La condition d'équilibre d'une balance, constituée par un fléau mobile autour d'un axe horizontal, est que la somme des moments des poids disposés de part et d'autre de l'axe d'oscillation soit nulle. Soient ainsi $m_1, m_2, \dots$ les poids disposés à droite de l'axe à des distances $a_1, a_2, \dots$; $M_1, M_2, \dots$ les poids disposés à gauche à des distances $A_1, A_2, \dots$; on a, comme condition d'équilibre :

$$\sum m_i a_i = \sum M_i A_i ,$$

expression que l'on peut écrire encore :

$$\Pi (K^{a_i})^{m_i} = \Pi (K^{A_i})^{M_i} .$$

Si donc on fait en sorte que les distances a_i correspondent aux valeurs de certaines fonctions de variables x_i , [$a_i = F_i(x_i)$], que, par exemple, A_i corresponde lui-même à la valeur d'une certaine fonction d'une variable y , [$A_1 = G(y_1)$], on voit qu'en disposant aux distances a_i les poids m_i , et en établissant l'équilibre de la balance en plaçant un poids m à la distance convenable A_1 on s'assure qu'est vérifiée la relation :

$$\sum m_i F_i(x_i) = m G(y) ;$$

autrement dit, on résout par rapport à y l'équation reliant y aux diverses variables x_i .

Tel est le principe de la balance à calcul du capitaine de corvette Stanislas Millot.

Dans une courte brochure, l'auteur montre comment peut être utilisé l'appareil, et comment l'emploi d'échelles diverses, dessinées sur les fléaux de la balance (échelle des nombres, des sinus, des tangentes, des logarithmes et des exponentielles), permet le calcul simple d'un très grand nombre d'expressions beaucoup plus rapidement que la règle ordinaire à calcul. Au fond, le principe de la balance à calcul ne diffère pas de celui de la règle à calcul : son intérêt est que des produits successifs s'effectuent simplement par l'addition de poids appropriés aux points convenables du fléau, alors que l'emploi de la règle exige chaque fois une manœuvre de la réglette mobile. En outre, les élévations aux puissances quelconques se font uniquement par l'emploi de poids justement proportionnels à des puissances.

L.-J. C.

Introduction à la théorie des quanta, par Marcel BOLL et Charles SALOMON. Paris, G. Doin, 1928. 1 vol. in-8° de 457 pages (Collection Langevin-Perrin-Urbain). — Prix : 85 francs.

On intitule souvent *Introduction* l'exposé d'une théorie dans ses grandes lignes ; les auteurs entendent en général par là que la théorie en question est tellement élevée et tellement étendue qu'ils ne peuvent faire plus en un volume que d'en donner une faible idée. Au contraire, MM. Boll et Salomon ont pris le mot dans son sens propre, et ont rassemblé dans le présent volume les notions qu'il est nécessaire de posséder pour pouvoir faire une étude sérieuse de la théorie des quanta. Il s'agit de développements de mécanique et d'électromagnétisme qui se trouvent juste au delà de la limite où s'arrêtent habituellement les cours de licence ; ils sont groupés sous trois titres principaux : 1° la mécanique classique, principes fondamentaux ; 2° la mécanique classique, systèmes périodiques ; 3° l'électronique classique. C'est un grand service que les auteurs ont rendu là aux personnes ayant besoin d'assimiler pour les utiliser les travaux si riches de conséquences des physiciens contemporains. Leur exposé, très consciencieux, suit dans ses détails le développement du calcul et ne laisse au lecteur aucun chaînon à reconstituer ; c'est un précieux outil de travail qui fera certainement beaucoup pour la diffusion (relative, évidemment) des théories modernes.

P. L. C.

Le principe de l'opération unique dans le travail de bureau. Le procédé du décalque au carbone, par G. RAVISSE. Paris, LANGLOIS ET C^{ie}, 1929. 1 vol. in-8° de 132 pages, avec 22 figures et tableaux. — Prix : 20 francs.

L'auteur, estimant que, dans l'exécution du travail de bureau, le principe de l'économie des mouvements, qui a donné de si remarquables résultats à l'atelier, doit aussi trouver son application, recherche les procédés par lesquels on peut diminuer au maximum le nombre d'opérations et d'écritures à effectuer pour un travail déterminé. Il arrive ainsi aux principes de l'opération unique et du document unique en plusieurs exemplaires. Il étudie en passant la technique

du décalque au carbone et donne de nombreux exemples d'application de sa méthode (travail du courrier, comptabilité, etc...). Enfin, il examine, avec de nombreuses photographies à l'appui, les différentes machines qui facilitent et simplifient le travail de multcopie.

La lecture de cet ouvrage est à recommander à tous ceux qui s'intéressent aux questions d'organisation du travail de bureau.

A. L.

Le gérant :

HENRI DÉVÉ.

DOCUMENTATION.

Les analyses suivantes se rapportent à des articles parus dans les périodiques français et étrangers reçus par le Service d'études et de recherches techniques de l'administration des Postes et Télégraphes : elles sont rédigées par des fonctionnaires de ce service et signées de leurs initiales. Elles sont imprimées avec une pagination spéciale et sur un seul côté des feuillets de façon que l'on puisse, soit les relier à part, soit les découper pour en constituer un répertoire par fiches. Dans ce dernier cas, le classement en sera facilité par les nombres inscrits en tête des analyses, qui correspondent au classement décimal dont nous avons publié la table dans le numéro de janvier.

21. Essai sur la nature du rôle du vague-
nestre (Thollon-Gils, *Annales P.T.T.*,
novembre 1928).

23 et 26. Appareil à échanger les sacs
de dépêches en Grande-Bretagne (*Union
postale*, octobre 1928). — Reproduit dans
Annales P.T.T., février 1929.

23 et 26. Les moyens mécaniques de
transport utilisés au bureau de chèques pos-
taux de Leipzig (P. Heilbron, *E.T.Z.*,
1928, p. 793). — Traduit dans *Annales
P.T.T.*, février 1929.

26. Appareils pour l'échange en gare
des dépêches avec les wagons-poste sans
arrêt du train (*Union postale*, septembre
1928). — Reproduit dans *Annales P.T.T.*,
décembre 1928.

26 et 23. Appareil à échanger les sacs
de dépêches en Grande-Bretagne (*Union
postale*, octobre 1928). — Reproduit dans
Annales P.T.T., février 1929.

26 et 23. Les moyens mécaniques de
transport utilisés au bureau de chèques pos-
taux de Leipzig (P. Heilbron, *E.T.Z.*, 1928,
p. 793). — Traduit dans *Annales P.T.T.*,
février 1929.

41. Distribution de musique et confé-
rences sur les réseaux téléphoniques (*Tele-
phony*, 10 novembre 1928). — Ce numéro
contient plusieurs communications présen-
tées à une réunion tenue en octobre à Chi-
cago et où les représentants de divers réseaux
téléphoniques ont discuté la question des
program service ». On sait que plusieurs
compagnies américaines distribuent à leurs

abonnés moyennant une rétribution spé-
ciale, des concerts ou conférences dont les
trois sources sont : 1° la radiodiffusion, ce
qui soulève des difficultés juridiques ; 2° le
phonographe ; 3° des concerts ou confé-
rences données dans un studio appartenant
à la Compagnie, comme cela a lieu pour la
radiodiffusion. Une compagnie de la ville
de Saint-Paul distribue un pareil service
depuis deux ans et a 2.250 abonnés, un ser-
vice continu de 7h du matin à 0h30, et sur-
veille elle-même les appareils placés chez
les abonnés ; le coût d'installation est de
5 dollars, l'abonnement de 3,50 dollars par
mois. P. L. C.

42. Théorie de la téléphonie sur les cir-
cuits, en particulier sur les circuits pupinisés
(H. Schulz, *T.F.T.*, juillet, août, septembre,
octobre et décembre 1927). — Traduit dans
Annales P.T.T., janvier et avril 1929.

42. Contribution à la théorie des filtres
(H. Winter-Günther, *Zeitschr. f. Hochfreq.*,
août 1928). — Application de la théorie des
coordonnées normales. Soit W_m , W_e , F ,
l'énergie magnétique, l'énergie électrique
et la fonction de dissipation d'un réseau.
Les équations du réseau s'en déduisent par
la méthode de Lagrange. On dit que les
coordonnées sont des coordonnées normales
si chacune d'entre elles ne figure que dans
une seule équation du système. Les fré-
quences propres du réseau s'obtiennent
alors immédiatement en égalant à zéro
l'opérateur correspondant à chacune des
coordonnées. La difficulté de trouver les
fréquences propres n'est en réalité que

Société Alsacienne de Constructions Mécaniques

Société anonyme au capital de 114.750.000 francs

Usines à : MULHOUSE (Ht-Rhin). GRAFFENSTADEN (Bas-Rhin), CLICHY (Seine)
Câblerie à CLICHY (Seine)

Maison à PARIS, 32, rue de Lisbonne (8^e)

Agences à :

BORDEAUX, 15, c^e Georges-Clémenceau.

EPINAL } 12, rue de la Préfecture.

 } 19, rue de la Gare (Textile).

LILLE } 61, rue de Tournai.

 } 16, rue Faidherbe (Textile).

LYON, 13, rue Grôlée.



MARSEILLE, 148, rue Paradis.

NANCY, 21, rue Saint-Dizier.

NANTES, 1, rue Camille Berruyer.

ROUEN, 7, rue de Fontenelle

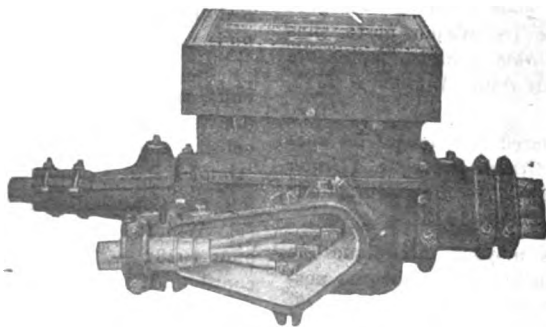
STRASBOURG, 36, rue Saint-Gothard.

TOULOUSE, 21, rue Lafayette.



FILS ET CABLES POUR L'ÉLECTRICITÉ

Fils et câbles nus et isolés. — Câbles sous plomb armés pour haute et basse tension. — Câbles télégraphiques et téléphoniques avec isolement en caoutchouc ou à circulation d'air. — Câbles sous-marins.



MATÉRIEL DE CANALISATIONS

Manchons de jonction, de branchement et de dérivation. — Boîtes à coupe-circuits. — Coffrets de branchement. — Boîtes de distribution, de dérivation et de prise de courant, etc...

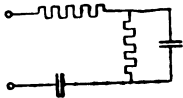
.....

AUTRES FABRICATIONS

Chaudières. — Machines à vapeur. — Moteurs à gaz et installations d'épuration des gaz. — Turbo-compresseurs — Turbines hydrauliques. — Machines pour l'industrie textile. — Machines et appareils pour l'industrie chimique. — Machines-outils. — Petit outillage. — Bascules. — Transmissions.

déplacée, elle consiste maintenant à transformer les coordonnées d'abord choisies en coordonnées normales. Et ce dernier problème ne peut même être résolu que si les trois formes W_m , W_e , F , ne sont pas linéairement indépendantes. L'auteur montre que c'est le cas pour un filtre composé de cellules identiques ; il donne la transformation de coordonnées correspondante et fait suivre le calcul de quelques remarques qualitatives. Celles-ci ne diffèrent pas de celles présentées il y a une dizaine d'années. par Louis Cohen, dans un article que l'auteur ne paraît pas connaître. P. L. C.

42. Détermination de réseaux d'équilibre pour lignes homogènes (F. Strecker, *Telegraphen- und Fernsprech- Technik*, novembre 1928). — Une ligne homogène, de constantes kilométriques R , L , C ($G = 0$), peut être équilibrée par un réseau comprenant deux résistances et deux capacités,



avec une exactitude suffisante pour les fréquences supérieures à : $\omega = 0,2 \frac{R}{L}$. L'auteur montre comment, à l'aide d'une construction graphique simple, on peut déterminer les éléments d'un réseau tel que celui que représente la figure. De ce réseau, peuvent d'ailleurs se déduire des réseaux de même impédance, à l'aide des réseaux équivalents de Zobel. P. M.

42. Contribution à l'étude des réseaux maillés (V. Genkin, *R.G.E.*, 3 novembre 1928). — L'auteur montre comment on peut simplifier le travail matériel à effectuer, pour déterminer la distribution des courants dans un réseau complexe, en connaissant l'emplacement des points d'utilisation et l'importance des charges. Le procédé de calcul préconisé dérive des méthodes connues sous le nom de la méthode de transformation équivalente, et de la méthode de superposition. Diverses applications numériques sont données à titre d'exemple.

L.-J. C.

43. Mesures de capacité électrostatique (J.-B. Pomey, *R.G.E.*, 3 novembre 1928). — L'auteur établit quelles relations existent entre les valeurs des condensateurs d'appoint, utilisés pour rétablir l'équilibrage des capacités des quarts téléphoniques quant aux effets de diaphonie, et les valeurs des

capacités entre chaque couple de fils, et entre chacun des fils et la terre (enveloppe du câble). Ces relations peuvent s'exprimer d'une manière rigoureuse au moyen de formules très compliquées : en pratique, on emploie des formules simplifiées, dont la démonstration est donnée dans l'article analysé. L.-J. C.

45. Compteurs de durée pour communications téléphoniques urbaines (R. Kelch, *Elektrische Nachrichten- Technik*, juillet 1928). — Les compteurs d'abonnés généralement employés dans les bureaux centraux téléphoniques dénombrent les communications demandées par chacun des abonnés ; un mode de taxation plus équitable doit tenir compte de la durée des conversations. L'auteur décrit un certain nombre de dispositions et de schémas applicables à des bureaux à batterie centrale ou locale, manuels ou automatiques, dans lesquels chaque ligne d'abonné comporte d'une part un compteur qui dénombre les communications demandées, d'autre part un compteur qui enregistre la durée totale de celles-ci : pendant toute la durée d'une communication de départ, le compteur de durée reçoit, chaque seconde, d'un émetteur central (commandé par une horloge mécanique ou électrique) des impulsions qui font progresser sur quatre cadrans gradués en secondes, minutes, heures et jours les quatre aiguilles indicatrices du compteur. R. B.

46. L'introduction à Paris du téléphone automatique rotary (G. Deakm, *Electrical Communication*, octobre 1928). — L'auteur, directeur technique du « Matériel téléphonique », fait d'abord l'historique de l'introduction du téléphone automatique à Paris. Puis il décrit rapidement l'équipement du bureau Carnot et suit la marche générale d'une communication en insistant un peu sur les particularités du système : (abonnés à plusieurs lignes, faux appels, essais systématiques, observation du trafic, etc.). Il indique ensuite les problèmes qu'il y avait à résoudre pour un réseau tel que celui de Paris. A. L.

46. Une machine produisant un trafic artificiel pour les recherches en téléphonie automatique (*Electrical-Communication*, octobre 1928). — Les constructeurs de bureaux téléphoniques automatiques ont toujours senti la nécessité de données positives pour déterminer le nombre minimum d'appareils nécessaires pour assurer un service convenable.

théorie des probabilités conduit, l'on se rapproche des cas de la pratique des calculs mathématiques souvent et quelquefois impossibles. Les expériences, pour réunir un nombre de faits, nécessitent une somme de temps et un temps considérables.

La machine réalisée donne des résultats analogues en beaucoup moins de temps réduisant considérablement le travail.

On a pour but la production et l'étude dans le cas de 2 étages de sélection, de chercheurs à 25 points suivi d'un étage de sélecteurs à 10 points. Le principe néanmoins s'applique à des cas généraux.

La distribution du trafic est obtenue par le coulement de billes d'acier tombant sur un grillage. Certaines de ses mailles, placées au hasard, conduisent par des tubes à des appareils sélecteurs du premier ordre, les billes, qui représentent alors chaque appel.

La durée d'occupation de chaque organe est mesurée par le temps mis par une bille pour descendre dans un tube étroit rempli de la glycérine.

Les billes sont ensuite recueillies dans des récipients qui donnent le nombre d'appels par chaque appareil, ou perdus. Divers dispositifs accessoires (emploi de tailles différentes, groupement des divers appareils de sélection, chemins de roulements multiples, etc.) permettent de réaliser un grand nombre de combinaisons et de se rapprocher beaucoup de la pratique. A. L.

Le blocage en arrière dans le système de présélection de l'administration postale (Jacob Baltzer, *Zeitschrift für Fernmelde-technik*, octobre-novembre 1928). — Dans le système de téléphone automatique de la Reichspost, les présélecteurs sont aux premiers sélecteurs soit directement, soit par l'intermédiaire de deuxièmes sélecteurs : moyennant quelques hypothèses simplificatrices, l'auteur calcule la probabilité pour qu'un nombre donné de lignes soient occupées ou bloquées parmi les jonctions multipliées sur les bancs des sélecteurs d'un groupe déterminé d'abonnés. R. B.

Inauguration du centre de téléphone automatique « Carnot » à Paris (Reynaud, *Annales P. T. T.*, novembre 1928).

Sur le problème de la distribution des communications (J. Baltzer,

Zeitschrift für Fernmelde-technik, novembre 1928). — La distribution des durées des communications a donné lieu à différentes hypothèses dont l'auteur discute la légitimité : il critique la loi d'Erlang et indique comme plus satisfaisante une loi dérivée de la loi de Gauss et tenant compte de l'influence prédominante des communications de très courte durée. R. B.

47. Influence des redresseurs à vapeur de mercure sur les circuits téléphoniques (Ch. J. Daly, *Journal of the A. I. E. E.*, juil'et 1928). (Voir aussi *L'Industrie Electrique*, 10 novembre 1928).

Le réseau téléphonique considéré est tout entier en câbles sous plomb, dont la majeure partie est en souterrain et une faible partie sur les mêmes appuis que les feeders d'alimentation et de retour du tramway. Plusieurs des lignes d'abonnés desservent deux ou quatre postes, les sonneries étant connectées entre fil et terre avec interposition d'un condensateur. Les redresseurs sont hexaphasés : 60 p.p.s., 600V, 2000A. Leur mise en service à la place des groupes convertisseurs entraîne une augmentation considérable des parasites de fréquence : $60 \times 6 = 360$, 720 et 1080. L'installation de filtres aux sous-stations réduit ces perturbations et les rendit comparables à ce qu'elles étaient primitivement ; ces filtres sont constitués par une réactance en série et trois circuits résonnants en dérivation sur l'alimentation du réseau, respectivement accordés sur les fréquences 360, 720 et 1080.

P. M.

48. Le système fondamental de référence pour la transmission téléphonique (P. Chavasse, *Annales P. T. T.*, novembre 1928).

49. Symboles graphiques internationaux pour la téléphonie (*Annales P. T. T.*, novembre 1928).

50. Effet schrot dans un circuit de haute fréquence (Stuart Ballantina, *J. Frankl. Inst.*, août 1928). — L'effet schrot (en allemand, grenaille de plomb), prévu par Schottky en 1918, assimile les fluctuations irrégulières de courant plaque d'une triode aux fluctuations d'une quantité dont la constance ne résulte que de la superposition d'un grand nombre de causes indépendantes (ces causes étant ici les électrons émis par le filament). Il a donné lieu jusqu'ici à des théories de statistique mathématique. L'auteur envisage l'aspect microscopique du phénomène : il calcule la moyenne dans le temps du carré de la tension e , dû au passage d'un seul

Téléphone :
CENTRAL 35.56
56.82

COMPAGNIE FRANÇAISE
DES

Adresse
Télégraphique :
CABLES-PARIS

CABLES TÉLÉGRAPHIQUES

Société anonyme au Capital de 24.000.000 de francs

Siège Social : 53, rue Vivienne et 15, boulevard Montmartre, PARIS

Registre du Commerce, n° 39.342 — Seine,

La seule Compagnie Française de Câbles desservant New-York

RAPIDITÉ *Via P. Q.* **EXACTITUDE**

**Trois Câbles Transatlantiques directs entre
Brest et New-York ne touchant pas l'Angleterre**

*Ces 3 Câbles sont prolongés jusqu'à Paris par trois lignes télégraphiques
desservies par des appareils à grand rendement*

La Compagnie possède à PARIS, rue Vivienne, 53 (angle du boulevard Montmartre)
un Bureau spécial où le public peut déposer pour l'Amérique des câblogrammes qui
sont transmis de ce Bureau à New-York, dans des délais extrêmement courts ;

Bureau particulier au Havre P. Q.

Lignes directes vers Bordeaux, Lille, Lyon, Marseille, Nantes, etc...

*Service vers les Etats-Unis, le Canada, les Amériques Centrale et du Sud.
Service indépendant pour Haïti, Cuba, St-Domingue, Porto-Rico, les Antilles
Françaises, Curaçao, Venezuela, Guyanes Française et Hollandaise*

" P. Q. " TÉLÉGRAMMES TÉLÉPHONÉS " P. Q. "

(Réseau de Paris seulement)

Par le Réseau Général : le service des Câblogrammes téléphonés P.Q. permet
au public d'obtenir sans se déplacer la même rapidité d'acheminement que si les câblo-
grammes étaient déposés au Bureau spécial P.Q., 53, rue Vivienne. Il donne de même
la facilité d'avoir communication des câblogrammes reçus d'Amérique dès leur arrivée
au Bureau de la Compagnie (Demander la notice spéciale).

Lignes privées

Des lignes privées directes pour l'échange des câblogrammes peuvent être établies
entre le bureau de la Compagnie et les maisons qui le désirent.

(Pour tous renseignements s'adresser au Service Commercial de la Compagnie).

Par la Via P.Q. peuvent être échangées toutes les catégories de câblogrammes.

Inscrivez sur vos dépêches la mention Via P. Q. (non taxée)

Electron entre le filament et la plaque d'une liode, et mesurée aux bornes d'une admittance $A(\omega)$ faisant partie du circuit extérieur. Il en déduit, au moyen d'une analyse qui emploie l'intégrale de Fourier et se réfère à Carson, des conclusions sur la variation de l'effet schrot en fonction de la fréquence.

P. L. C.

52. Les éclateurs de fours à haute fréquence (M. Dufour, *Recherches et inventions*, novembre 1928). — Description des types à bain de mercure et à éclateur tournant de T.S.F. Description d'un type nouveau : 1° l'étincelle éclate entre deux disques tournants dont les axes sont perpendiculaires ; 2° l'étincelle est soufflée par un courant gazeux de même direction qu'elle. Ces deux caractéristiques assurent un soufflage rapide au moyen d'une puissance réduite (pour un four de 25 kw : compresseur de 1 cheval donnant une pression de 1 kg ; disques de 40 cm. diamètre tournant à 500 t/min). L'auteur estime qu'on peut ainsi atteindre et même dépasser une puissance de 100 kva pour un éclateur monophasé. Un éclateur triphasé a aussi été construit. (11 schémas et photos. Renvoie à *Journal de physique*, décembre 1927).

P. L. C.

53. Les lampes à écran de grille (G. Veysière, *T.S.F. moderne*, novembre 1928). — Description, théorie élémentaire et applications de la nouvelle lampe dont les propriétés principales sont : une résistance intérieure et un coefficient d'amplification très élevés (de l'ordre de 150.000 ohms et de 100) et une capacité grille plaque pratiquement nulle (de l'ordre du centième de μF).

Les deux premières propriétés sont dues surtout au fait que l'écran joue le rôle d'électrode accélératrice pour les électrons qui ont traversé la grille et que la plaque ne fait plus que capter ces électrons. Le courant plaque est ainsi très peu influencé par la valeur de la tension plaque. La réduction de la capacité grille plaque est due à l'action d'écran électrostatique jouée par l'électrode supplémentaire.

Les avantages de ces lampes se font surtout sentir dans les montages où la capacité grille-plaque est nuisible et dans ceux où la résistance intérieure doit être élevée (montages à résonance, amplification de courants photo-électriques ou piézo-électriques par exemple). Dans ces cas, la nouvelle lampe donne des résultats très supérieurs à ceux qu'on peut obtenir avec les lampes ordinaires les mieux choisies.

J.-H. G.

54. Modulation dans le circuit de plaque (J. Marcot, *Q.S.T. français*, novembre 1928). — Rappel du principe de la modulation Helsing et exemple de projet d'un poste d'émission.

J.-H. G.

54. Le coefficient de température des résonateurs de quartz (R. S. Strout, *Physical Review*, novembre 1928). — L'auteur déduit des résultats de ses essais que le coefficient de température varie linéairement en fonction de la température depuis 22,7 millièmes par degré à 65°C jusqu'à 1,6 millièmes par degré à -189°C.

J.-H. G.

56. Relais amplificateur pour ondes courtes (J. Vivié, *Q.S.T. français*, novembre 1928). — Description d'un étage amplificateur en H.F. pour ondes courtes, employant une lampe à écran de grille.

J.-H. G.

57. Sur un nouveau mode d'entretien d'oscillations dans les lampes triodes (E. Pierret, *C.R. de l'acad. des sciences*, 7 mai 1928). — Reproduit dans *Annales P.T.T.*, mars 1929.

57. Sur la réalisation et le fonctionnement d'un nouvel oscillateur à ondes très courtes (E. Pierret, *C.R. de l'acad. des sciences*, 11 juin 1928). — Reproduit dans *Annales P.T.T.*, mars 1929.

57. Sur des oscillateurs à ondes très courtes (E. Pierret, *C.R. de l'acad. des sciences*, 10 décembre 1928). — Reproduit dans *Annales P.T.T.*, mars 1929.

57. Sur les ondes très courtes (G.-A. Beauvais, *C.R. de l'acad. des sciences*, 26 décembre 1928). — Reproduit dans *Annales P.T.T.*, mars 1929.

58. Un théorème général sur les impédances protégées par des écrans (R. M. Wilmette, *Phil. Mag.*, novembre 1928). — L'emploi des hautes fréquences a conduit à entourer les différentes parties d'un appareil d'écrans portés à des potentiels déterminés, particulièrement lorsqu'il s'agit de mesures en haute fréquence. L'impédance d'une portion d'appareil ainsi protégée est égale au quotient de la différence de potentiel entre ses bornes $V_A - V_B$, par le courant qui la traverse ; or l'un et l'autre termes dépendent du potentiel de l'écran, et de plus le courant peut être mesuré en différents points. L'auteur montre que si l'écran est au même potentiel que la borne à laquelle on mesure le courant, sans toutefois lui être reliée directement, la valeur trouvée pour l'impédance est la même, que cette borne

CRICS "SIMPLEX"

à crémaillère et linguets entièrement métalliques



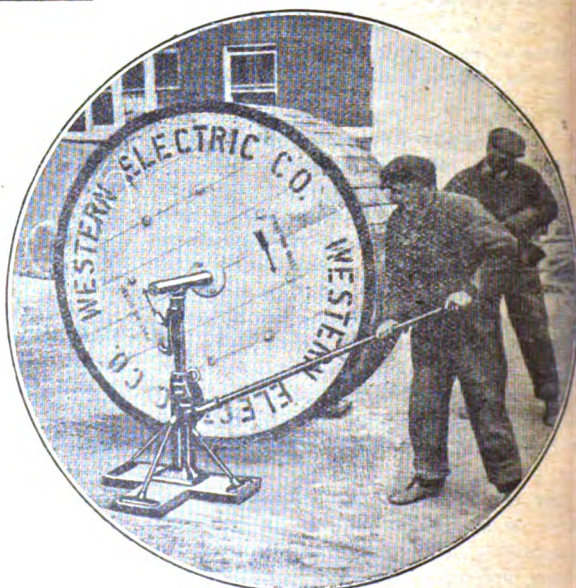
Type 329 spécial pour l'extraction et le redressement des poteaux.

Aucun entraînement nécessaire pour la manœuvre. Ce cric permet d'arracher du sol en moins de 8 minutes les poteaux enracinés à 2 mètres 50 de profondeur. Réalisera en peu de temps une économie de main-d'œuvre supérieure à son prix d'achat.



Type 322 pour levage des bobines à câbles.

Les Crics "SIMPLEX" sont utilisés par les services techniques des Administrations des Postes et Télégraphes de France, Grande-Bretagne, Belgique, Japon, Norvège, Suède, Espagne et les grandes compagnies Américaines.



SOCIÉTÉ ANONYME LIDGERWOOD

114, Faubourg Poissonnière, PARIS (10^e)

Télégrammes : LIDGERWOOD-PARIS 83

Téléphone : TRUDAINE 52-77

soit la borne A ou la borne B ; et il propose de normaliser ce mode opératoire.

P. L. C.

58. Mesure des courants de haute fréquence par une méthode photométrique (G. Pession et T. Gorio, *Elettrotechnica*, 25 novembre 1928). — La mesure des courants de haute fréquence par des appareils thermiques repose essentiellement sur la détermination indirecte de la température d'un fil parcouru par le courant à mesurer. Les auteurs emploient un filament de tungstène placé dans un vide très élevé ; la mesure de la température est faite indirectement par un dispositif photométrique, calibré en courant continu et consistant essentiellement en une cellule photoélectrique. Formules, données numériques, courbes et photos.

P. L. C.

58. La méthode de Chireix pour les mesures de résistance en haute fréquence : Wattmètre pour haute fréquence (J. Morel, *l'Industrie électrique*, 10 novembre 1928). — I. Description des méthodes classiques de substitution (on ajoute en série une résistance de valeur connue en haute fréquence r) ; courbe de résonance. Ces deux méthodes emploient un couplage très lâche. La méthode Chireix emploie un couplage serré ; ce couplage est réglé à la résonance du circuit induit sur la fréquence de l'oscillateur ; la résistance est donnée par le rapport des lectures d'un voltmètre et d'un ampèremètre. Il y a deux fréquences de résonance possibles mais elles sont bien distinctes et en opérant méthodiquement on sait sur laquelle on se trouve. II. Au lieu d'un ampèremètre et d'un voltmètre on peut employer un wattmètre pour haute fréquence. On décrit un appareil approprié.

P. L. C.

59. Sur la relaxation des champs électriques dans les cellules de Kerr et les retards apparents de l'effet de Kerr (J.-W. Beams et E. Lawrence, *Journal of the Franklin Institute*, août 1928). — En effectuant des expériences analogues à celles que M. Gutton a faites en 1913 au moyen de deux condensateurs de Kerr disposés à angle droit entre deux nicols croisés, les auteurs se sont rendu compte que l'effet Kerr n'a pas une inertie mesurable ; cet effet se produit ou cesse dans un intervalle de temps certainement inférieur à 10^{-8} seconde.

Les mesures antérieures qui avaient conclu à une certaine inertie de l'effet Kerr étaient probablement faussées par des effets de capacité, de sorte que l'on mesurait en fait la constante de temps du circuit électrique dans lequel se trouvait le condensateur de Kerr.

G. V.

59. Les instruments de musique à oscillations électriques. Le clavier à lampes (A. Givelet, *Génie civil*, 22 septembre 1928). — L'appareil à clavier Givelet est un appareil à sons fixes ; une lampe triode oscille à une fréquence musicale déterminée par un circuit oscillant L, C couplant les circuits grille et plaque ; la self L est mise en service lorsqu'on abaisse une touche de clavier ; il y a donc autant de selfs que de touches. La lampe est à grande résistance interne pour assurer la constance de fréquence des oscillations ; l'instrument est transpositeur par modification de la capacité C. Description succincte d'autres appareils : Hugoniot-Toulon, Bertrand, Martenot.

P. L. C.

62. Les bases de l'électrodynamique (W.F.G. Swann, *Journ. Franklin Inst.*, novembre 1928). — Remarquable exposé théorique, très clair, des développements modernes des théories de Maxwell.

P. L. C.

63. Sur la charge la plus avantageuse d'un générateur à haute fréquence (Y. Watanabe, *E.N.T.*, juillet 1928). — L'auteur considère un générateur d'impédance interne $R_0 + jX_0$ et cherche la valeur optima de la charge. La réponse ordinaire est que la charge, de la forme $R + jX$, doit satisfaire à $R^2 = R_0^2 + (X_0 + X)^2$, mais on se tient d'ordinaire très loin de cette condition, qui entraînerait pour le générateur un échauffement inadmissible. L'auteur reprend le problème dans les deux hypothèses suivantes : 1° le générateur produit un nombre de volt $\times$ ampères donné ; 2° la perte d'énergie dans le générateur est donnée. Il fait également différentes hypothèses sur la charge ; dans l'une d'elles la charge est constituée par un circuit accordé. Il obtient dans chaque cas un réseau de courbes à deux paramètres, traversé par la courbe optimum. Ces courbes sont cotées d'après les données d'expériences réellement faites. 13 figures. Utile travail.

P. L. C.

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

- LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE**, 3, rue Thénard, Paris (5^e).
CONSTRUCTION DES LIGNES AÉRIENNES (1) par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (3^e édit., 1 vol. autogr., de 362 p., et 188 fig.)..... 25 fr.
CONSTRUCTION DES LIGNES SOUTERRAINES (1), par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 346 p., 153 fig. et 17 pl.)... 30 fr.
COURS DE PROTECTION DES LIGNES télégraphiques et téléphoniques contre les lignes d'énergie (1), par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr., de 493 p., 65 fig. et 2 pl.)..... 35 fr.
COURS D'INSTALLATIONS TÉLÉPHONIQUES, par MILON, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. typogr., de 460 p., 294 fig., 15 pl.)..... 45 fr.
COURS D'EXPLOITATION TÉLÉGRAPHIQUE (1), par L. RAYNAL, ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr., de 175 p.)..... 18 fr.
PRINCIPES GÉNÉRAUX D'EXPLOITATION TÉLÉPHONIQUE (1), par MILON, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 272 p. et 20 fig.)... 15 fr.
TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SANS FIL (1), par VEAUX, ingénieur en chef des P.T.T., (1 vol. typogr. de 320 p. et 362 fig.)..... (En réimpression)
COURS SUR L'ORGANISATION ET LE CONTRÔLE DE L'EXPLOITATION DES BUREAUX TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES (1), par LEVEAU, chef de bureau téléphonique hors classe breveté, (1 vol. autogr., de 190 p.).... 18 fr.
COURS D'EXPLOITATION POSTALE par FERRIERE chef de bureau des P.T.T. (2 vol. typogr. de 241 et 306 p.)..... 40 fr.
COURS DE COMPTABILITÉ et de droit budgétaire (1), par FERET DU LONGBOIS directeur au ministère des Finances (1 vol. typogr., 3^e éd., 156 p.)..... 15 fr.
CONFÉRENCES DE COMPTABILITÉ industrielle et commerciale, par G. VALENSI ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr. de 276 p.)..... 18 fr.
COURS DE MACHINES (1), par M. SAUVAGE, inspecteur général des Mines (1 vol. autogr., 207 p., 70 fig.)..... 15 fr.
COMPLÉMENTS DE MATHÉMATIQUES (1), par B. COLLIN, agrégé de l'Université, professeur au lycée Saint-Louis et à l'Ecole supérieure des P. T. T. (1 vol. autogr. de 84 p.)..... 7 fr.
COURS ÉLÉMENTAIRE DE TÉLÉPHONIE (2), par Louis GRELAUD, contrôleur principal des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 180 p. et 127 fig.)..... 22 fr.
COURS D'ÉLECTRICITÉ (2) (Application à la téléphonie et à la télégraphie à l'usage des agents mécaniciens et du Personnel des P. T. T.), par Ch. SUCHET, ingénieur des P.T.T., (3^e édit. 2 vol. typogr. de 299 p. et 236 p.) Tome I, 30 fr.; Tome II, 25 fr.
COURS DE MULTIPLES TÉLÉPHONIQUES (2) (à l'usage des agents mécaniciens, et du Personnel des P. T. T.), par Paul JOLY, ingénieur en chef des P.T.T. 2^e édit. 1 vol. autogr., 519 p., 147 fig. et un atlas de 70 pl.)..... 60 fr.
COURS DE TÉLÉPHONIE AUTOMATIQUE (2) (à l'usage des agents mécaniciens et du Personnel des P. T. T.), par Ch. PETIT, ingénieur en chef des P.T.T. (2 vol.).
 Livre I (415 pages, 162 fig. et 39 pl. hors-texte) 55 fr.
 Livre II (en impression)
- MANUEL DE L'OUVRIER** des lignes aériennes télégraphiques et téléphoniques, par L. DROUET, ingénieur en chef des P.T.T. (3^e éd., 1 vol. typogr. 13 x 18, de 254 p. et 158 fig.)..... 18 fr.

(1) Cours professé à l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes.

(2) Cours professionnels.

MANUFACTURE DE FILS & CABLES ELECTRIQUES
 Spécialités de Cordons pour Récepteurs, Combinés, Standards, etc...
 Cordons pour T.S.F.

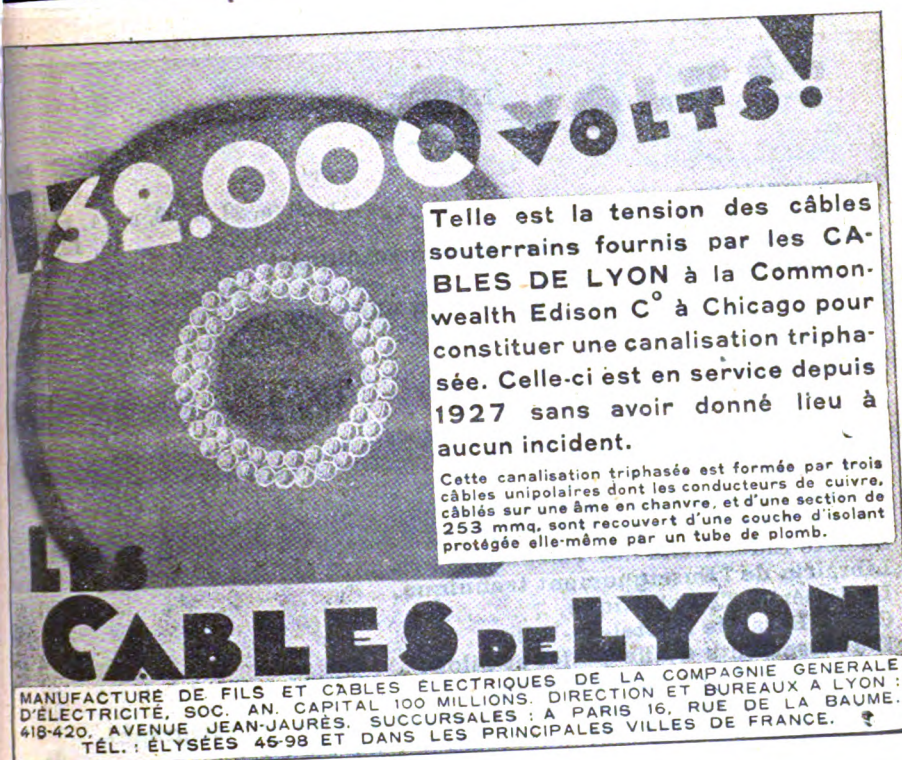
Établissements A. MEUNIER, VERGNAUD & C^{ie}

Société à responsabilité limitée — Capital 200.000 francs
 Fournisseur des P.T.T.

BUREAUX ET ATELIERS :
 3, Rue Rigaud, 3
 LE BOURGET (Seine)

REGISTRE DU COMMERCE :
 SEINE n° 221.671

Téléphone : NORD 64-67
 Gare : BOURGET-DRANCY
 Tramways 52 et 72



32.000 VOLTS!

Telle est la tension des câbles souterrains fournis par les **CABLES DE LYON** à la Commonwealth Edison C^o à Chicago pour constituer une canalisation triphasée. Celle-ci est en service depuis 1927 sans avoir donné lieu à aucun incident.

Cette canalisation triphasée est formée par trois câbles unipolaires dont les conducteurs de cuivre, câblés sur une âme en chanvre, et d'une section de 253 mmq, sont recouvert d'une couche d'isolant protégée elle-même par un tube de plomb.

CABLES DE LYON

MANUFACTURE DE FILS ET CABLES ELECTRIQUES DE LA COMPAGNIE GENERALE D'ELECTRICITE, SOC. AN. CAPITAL 100 MILLIONS. DIRECTION ET BUREAUX A LYON : 418-420, AVENUE JEAN-JAURES. SUCCURSALES : A PARIS 16, RUE DE LA BAUME. TEL. : ELYSEES 46-98 ET DANS LES PRINCIPALES VILLES DE FRANCE.

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ
MORS

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4 MILLIONS

11, Rue Petit, CLICHY (Seine) — Usines à Clichy et à Senecey
 Registre du commerce Seine n° 208.871 B

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES
 LUMIÈRE — FORCE — TÉLÉPHONIE — SONNERIES

MACHINES ELECTRIQUES SPECIALES

Michel BONNIER

16, Rue Saint-Gilbert, LYON — Tél. Vaudrey 24-09.
Construction sur commande de Machines pour toutes les applications de l'Electricité.

Machines pour T.S.F.

Alternateurs et Transformateurs à fréquence musicale.
— Génératrices courant continu jusqu'à 10.000 volts. —
Groupes monoblocs à plusieurs circuits magnétiques.

Machines pour P.T.T.

Groupes de charges pour Centraux Téléphoniques. —
Groupes convertisseurs divers. — Moteurs synchrones.
— Commutatrices.

Machines pour Applications Diverses

Moteurs à vitesses lentes depuis 300 tours et Mo-
teurs à très grandes vitesses jusqu'à 10.000 tours. —
Transformateurs à tension réglable de zéro à maxima.
— Génératrices à grande intensité pour électrolyse. —
Dynamos-freins. — Redresseurs de courant à mercure
liquide système André LATOUR. — Régulateurs d'in-
duction. — Groupes d'étalonnage pour compteurs.

Représentants à Paris : Etablissements J. COMMISSAIRE, 9, Rue Sodaine. Tél. Roquette 53-43.

INDEX

	Pages
DOCUMENTATION	D. 21, D. 22, D. 23, D. 24, D. 25
BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES P.T.T.	10, 12, 14
Société alsacienne de constructions mécaniques	2
J. Audibert	4
Compagnie française des câbles télégraphiques	6
Société anonyme Lidgerwood	8
Grammont	11
Le Carbone	13
Compagnie des Lampes	13
Lignes télégraphiques et téléphoniques	15
Trefleries et laminoirs du Havre	16
Ecole Berlitz	17
Société anonyme Siemens-France	18
La machine à affranchir Havas	18
Société industrielle des Téléphones	19
Librairie de l'Enseignement technique	20
Le Matériel Téléphonique	21
Grand Bazar de l'Hôtel-de-Ville	22
Etablissements GaiFFE-Gallot et Pilon	22
Société des Téléphones Ericsson	23
Société d'Etudes pour liaisons téléphoniques et télégraphi- ques à longue distance	24
Association des ouvriers en instruments de précision	24
Compagnie des Téléphones Thomson-Houston	25
Vocabulaire Téléphonique International	26
Société française Gardy	27
L'éclairage des véhicules sur rail	28
Compagnie générale de télégraphie et de téléphonie	28
Ateliers J. Carpentier	29
Ateliers L. Doignon	30
Société Générale	30
Etablissements A. Meunier, Vergnaud et C ^{ie}	31
Les Câbles de Lyon	31
Société d'électricité Mors	31
Machines électriques spéciales Michel Bonnier	32
Ecole spéciale des Travaux publics	III
Société française des Appareils Creed	IV

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS
D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3 RUE THÉNARD PARIS, V^e

ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

Revue mensuelle publiée par les soins
d'une commission nommée par
LE MINISTRE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

La commission des *Annales* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs et qui peuvent ne pas refléter la doctrine de l'administration; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

RÉDACTION : 20, RUE LAS CASES, PARIS 7^e.

Téléphone : Ségur 46.43 et 45.59.

*Pour tout ce qui concerne les abonnements et la publicité,
s'adresser à l'éditeur :*

**LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE,
3, rue Thénard, Paris 5^e.**

TABLE DES MATIERES.

Guidage des navires et avions par ondes hertziennes, par J. AICARDI, capitaine de corvette.	489
Les centraux téléphoniques de Lyon, par A. LELLUCH, ingé- nieur des Postes et Télégraphes.	504
Essais des postes d'abonnés à partir du poste central, par P. MOCQUART, ingénieur des Postes et Télégraphes.	551
Les communications téléphoniques et télégraphiques de Genève pendant les assemblées de la Société des nations, par A. FERRIER, Berne	561
BREVETS D'INVENTIONS	571
REVUE DES PÉRIODIQUES : Sur une curieuse propriété des circuits à condensateurs.	576
INFORMATIONS : Inauguration du monument Eiffel. — Poste aérienne. — Chèques postaux. — Téléphonie internatio- nale.	579
BIBLIOGRAPHIE	588
DOCUMENTATION	D. 26

GUIDAGE DES NAVIRES ET AVIONS

PAR ONDES HERTZIENNES, (1)

par J. AICARDI,
capitaine de corvette.

On sait que, par temps de brume, les procédés dont disposent depuis longtemps les navigateurs pour se diriger à proximité immédiate des côtes se trouvent inopérants, puisqu'ils sont fondés à peu près exclusivement sur la vue et le relèvement de points remarquables. Les cloches et sirènes de brume installées en quelques points des côtes constituent une exception ; mais leur appoint est très réduit et généralement peu efficace.

Dès les débuts de la T.S.F., on songea à utiliser la propriété des ondes hertziennes de se propager sans difficulté par temps brumeux, pour venir en aide à la navigation côtière. Actuellement, cette aide se concrétise sous la forme des *radiogoniomètres* ou cadres de relèvement, installés ou bien à terre et indiquant alors leur position aux bâtiments qui le leur demandent par des recoupements de relèvements, ou bien et beaucoup mieux à bord et relevant le gisement de postes émetteurs fixes créés dans ce but (radiophares de l'administration des Phares et Balises). Ces appareils rendent des services tout à fait remarquables. Grâce à eux, les bâtiments peuvent, à chaque instant, connaître leur position d'une façon très approchée, et ainsi disparaît en grande partie la gêne intense apportée par la brume à la navigation.

Mais il est des cas, et particulièrement intéressants, où les renseignements ainsi fournis sont insuffisants : lorsque, par exemple, un bâtiment veut entrer par temps de brume dans un port dont les chenaux d'accès sont relativement étroits ou simplement dont les

1. Conférence faite dans l'amphithéâtre de l'Ecole professionnelle supérieure des postes et télégraphes le 15 février 1929.

abords sont dangereux. Tous les marins savent que, pour suivre en toute sécurité, même par temps clair, un chenal étroit au milieu de dangers invisibles, on ne peut se contenter de contrôler à chaque instant par des relèvements la position du navire : on suit un *alignement*, c'est-à-dire une droite passant par deux points remarquables que l'homme de barre maintient « l'un par l'autre ». Ce sont ces alignements, ou quelque chose d'équivalent, que les ondes hertziennes doivent reproduire si l'on veut permettre l'entrée des ports par temps de brume avec une sécurité suffisante. Tel est le but du dispositif que nous allons décrire.

Comme les cadres dont nous venons de parler, ce dispositif utilise les interférences d'ondes hertziennes. Nous allons rappeler brièvement comment on obtient déjà ainsi des effets directifs très accusés. Cet exposé sommaire de procédés bien connus aura l'avantage de nous mettre immédiatement en présence des inconvénients inhérents à ces procédés et fera mieux comprendre le sens et la portée des modifications qui leur ont été apportées.

Soient deux antennes, A_1 et A_2 (fig. 1), émettant des ondes de

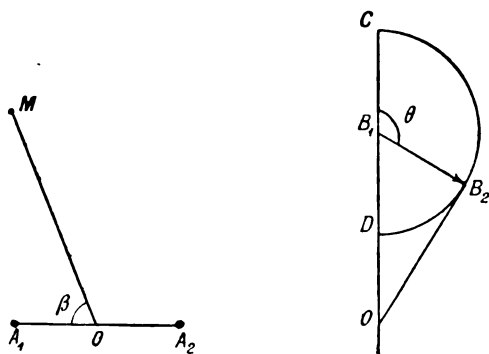


Fig. 1.

même longueur λ , l'émission de A_2 étant décalée, par rapport à l'émission de A_1 , d'un angle α . En un point M quelconque du champ, les ondes émises par A_1 et A_2 vont interférer, le champ résultant H_z variant entre un maximum égal à la somme $H_1 + H_2$ des champs composants et un minimum égal à leur différence, suivant la diffé-

rence de phase des champs composants en M. Cette différence de phase θ est évidemment égale à :

$$(1) \quad \theta = \alpha + \frac{2\pi}{\lambda} (MA_2 - MA_1) = \alpha + \frac{2\pi}{\lambda} A_1 A_2 \cos \beta$$

dès que le point M est suffisamment éloigné. On voit sur la figure que le champ H_2 est maximum quand θ est un multiple de 2π , c'est-à-dire quand

$$MA_2 - MA_1 = \frac{\lambda}{2\pi} (2n\pi - \alpha),$$

et minimum quand θ est un multiple impair de π , c'est-à-dire quand

$$MA_2 - MA_1 = \frac{\lambda}{2\pi} [(2n+1)\pi - \alpha].$$

Les lieux des points où le champ résultant est maximum (lignes ventrales) ou minimum (lignes nodales) sont donc des hyperboles de foyers A_1 et A_2 . En pratique, ces hyperboles se confondent avec leurs asymptotes dès que la distance de M au point O est grande par rapport à l'écart $A_1 A_2$ des deux antennes.

Un dispositif de ce genre permet de définir des directions fixes caractérisées par des valeurs maxima ou minima du champ hertzien. Remarquons en passant que le nombre des hyperboles, et donc des directions fixes, ainsi définies sera d'autant plus grand que $MA_2 - MA_1 / \lambda$ pourra prendre des valeurs plus élevées, c'est-à-dire que le rapport $A_1 A_2 / \lambda$ de la base à la longueur d'onde sera plus grand.

Il est évident qu'une telle définition n'a de valeur que dans la mesure où elle permet une précision suffisante : en d'autres termes, il faut que, dès qu'on s'écarte des lignes ainsi définies (dès que β varie), on en soit prévenu par des modifications appréciables dans la réception des ondes hertziennes. Or il est clair qu'il ne peut en être ainsi. On voit sur la figure que, pour une variation $d\theta$ du déphasage, le champ résultant OC (lignes ventrales) ou OD (lignes nodales) ne varie que d'une quantité du 2^e ordre. Il y a exception pour les lignes nodales lorsque le champ résultant OD est nul, c'est-à-dire lorsque $H_1 = H_2$. Dans ce cas, la variation du champ résultant est du 1^{er} ordre, proportionnelle à $d\theta$. C'est donc ce cas qui donne, dans l'appli-

cation du procédé, la précision de beaucoup la plus grande, et, en fait, c'est uniquement dans ce cas que le procédé est employé pour le repérage de directions. Les cadres radiogoniométriques peuvent être, en effet, assimilés à un système de deux antennes très voisines parcourues par des courants égaux et en opposition de phase, de sorte que, sur la ligne nodale qu'elles définissent (la perpendiculaire au milieu de la ligne qui les joint), le champ résultant est nul.

Un tel dispositif présente toutefois de graves défauts.

1° Il est difficile de réaliser l'égalité *absolue* des champs H_1 et H_2 , dès que la distance A_1A_2 n'est pas très petite par rapport à la longueur d'onde. Or il est *a priori* évident que la précision dans un dispositif de ce genre sera, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant plus grande que la « base » A_1A_2 sera plus grande par rapport à la longueur d'onde ; et l'équation (1) montre bien que, pour un déplacement angulaire $d\beta$ donné, la variation $d\theta$ du déphasage, et par suite la variation d'intensité du champ résultant, est d'autant plus grande que A_1A_2/λ est plus grand.

2° En outre, sur la ligne nodale définie par un tel système, le champ total est *nul*. Il reste extrêmement petit lorsqu'on s'en écarte peu. Or on sait que la détection des oscillations très petites se fait assez mal : le courant détecté est à peu près proportionnel au carré de l'amplitude de ces oscillations. Par suite, lorsqu'on se déplace à partir de la ligne nodale, les variations du champ, nul sur cette ligne, sont bien proportionnelles, au déplacement angulaire $d\beta$, mais les variations de l'intensité du courant détecté (et du son obtenu) sont proportionnelles au carré de $d\beta$, c'est-à-dire que nous retombons sur des variations du 2^e ordre. La réception hétérodyne échappe à cet inconvénient, mais elle introduit des complications nouvelles.

Ces défauts du dispositif limitent nettement son champ d'applications. En fait, le cadre utilisé à la réception fournit des relèvements suffisamment précis, encore qu'il faille voir dans la faiblesse des variations du champ au voisinage du minimum la cause de l'importance des perturbations apportées au fonctionnement par les conducteurs voisins et de la nécessité de corrections appropriées. Mais pour l'émission la précision serait trop faible ou bien nécessiterait une véritable débauche de puissance mise en jeu.

Nous allons voir comment on peut échapper de façon très simple aux inconvénients que nous venons de signaler.

Au lieu de deux émissions identiques, on utilise une émission A_1 non modulée et une émission A_2 d'amplitude très inférieure à l'amplitude de A_1 et *modulée* à une fréquence musicale f . Dans ces conditions, les champs produits en M par les émissions A_1 et A_2 sont représentés l'un par un vecteur OB_1 d'amplitude H_1 constante, l'autre par un vecteur faisant avec le premier l'angle θ , variable avec la position de M, et d'amplitude *périodiquement variable* entre les valeurs zéro et $B_1B_2 = H_2$. Le champ résultant varie donc entre les valeurs $OB_1 = H_1$ (quand le champ 2 est nul) et $OB_2 = H_2$ (quand le champ 2 est égal à H_1). Dans un récepteur ordinaire pour ondes amorties placé en M, la variation du champ entre ces deux valeurs produit un son de fréquence f , *son qui s'annule lorsque les valeurs H_1 et H_2 sont égales*, c'est-à-dire lorsque le décalage θ entre les deux champs 1^{er} et 2^e est tel que : $\cos \theta = -\frac{H_2}{2H_1}$. Bien entendu, les points M où le décalage a des valeurs satisfaisant à cette équation sont, comme précédemment, sur des hyperboles de foyers A_1 et A_2 ou, pratiquement, sur les asymptotes à ces hyperboles.

Les lignes utilisées du champ sont donc définies par une intensité d'audition nulle : en ce sens, on peut encore les appeler *lignes nodales*, et c'est ce que nous ferons par la suite. Mais, ici, ce zéro d'audition correspond non pas à un minimum du champ résultant, mais bien à l'invariabilité de ce champ en grandeur quand on module l'intensité secondaire. Au lieu d'avoir à observer les variations du champ au voisinage d'un minimum, observation peu précise puisque ces variations sont évidemment très petites, nous avons à constater l'égalité de deux champs H_1 et H_2 . Et nous la constatons par une méthode de zéro, donc très précise, en faisant se succéder alternativement, à la fréquence musicale f , les deux champs H_1 et H_2 , l'un constant et l'autre dépendant de la position de M.

Il est aisé de voir que cette modification supprime effectivement les inconvénients signalés.

Tout d'abord, le rapport entre les champs H_1 et H_2 pouvant être quelconque, il n'y a plus à se préoccuper d'obtenir en A_1 et A_2

des intensités rigoureusement égales. On peut donc augmenter la longueur de la « base » A_1A_2 , ce qui conduit à une précision bien plus grande. En deuxième lieu, quand on s'écarte très peu de la ligne nodale, on a affaire non plus comme dans le cas précédent à un champ très petit, mais à une variation très petite d'un champ fini H_1 . On sait que, dans ce deuxième cas, l'intensité du courant détecté est à peu près proportionnelle au produit de cette variation très petite par la valeur du champ, c'est-à-dire, en définitive, est du même ordre de grandeur que cette variation elle-même au lieu d'être d'un ordre inférieur. On bénéficie en somme automatiquement d'avantages analogues à ceux de la réception hétérodyne sans en avoir les inconvénients.

Un calcul sommaire donne aisément, à un facteur constant près, l'intensité du courant détecté que l'on obtient lorsqu'on s'écarte de $d\beta$ de la ligne nodale. Cette intensité étant, comme nous l'avons dit, proportionnelle $H_1 (H_1 - H_r)$, sa variation, pour une variation θ du déphasage est égale à : $-H_1 \frac{dH_r}{d\theta} d\theta$. D'autre part, on a :

$$H_r^2 = H_1^2 + H_2^2 + 2H_1H_2 \cos \theta,$$

d'où :

$$H_r \frac{dH_r}{d\theta} = -H_1H_2 \sin \theta.$$

Les lignes nodales étant caractérisées par $H_1 = H_r$, l'équation précédente devient :

$$\frac{dH_1}{d\theta} = -H_2 \sin \theta,$$

et la variation de l'intensité du courant détecté s'écrit : $H_1H_2 \sin \theta d\theta$. L'équation (1) nous donne d'autre part :

$$d\theta = -\frac{2\pi}{\lambda} A_1A_2 \sin \beta d\beta,$$

de sorte qu'en définitive la variation cherchée est égale à

$$2\pi H_1H_2 \frac{A_1A_2}{\lambda} \sin \theta \sin \beta d\beta.$$

Cette variation est effectivement proportionnelle à la 1^{re} puissance du déplacement angulaire $d\beta$. Elle est d'autant plus grande, pour

un déplacement donné, et par suite l'observation est d'autant plus précise,

a) que $A_1 A_2 / \lambda$ est plus grand, résultat évident qui justifie l'emploi de bases relativement grandes, avantage du procédé ;

b) que $\sin \beta$ est plus voisin de 1, d'où avantage de prendre la ligne des antennes perpendiculaire au chenal qu'il y a lieu de repère, en réglant le déphasage α des courants dans les deux antennes à la valeur convenable ;

c) que $H_2 \sin \theta$ est plus grand ; on voit immédiatement sur la figure 1 et par l'équation donnant $\cos \theta$, que $\sin \theta$ diminue à mesure que H_2 augmente (pour une valeur donnée de H_1) ; le maximum de $H_2 \sin \theta$ est atteint pour $H_2 = H_1 \sqrt{2}$, $H_2 \sin \theta = H_1$. Le point B_2 doit être en effet sur la circonférence (fig. 2) de centre O et de rayon H_1 . La quantité $H_2 \sin \theta$, projection de $B_1 B_2 = H_2$ sur OX est donc maximum quand B_2 vient en B. En pratique, comme on donne toujours à H_2 des valeurs notablement inférieures à H_1 , on peut dire que la variation de l'intensité sonore en fonction du déplacement angulaire à partir de la ligne nodale augmente quand H_2 augmente.

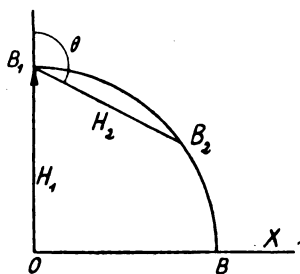


Fig. 2.

Le raisonnement précédent suppose que la modulation de l'émission A_2 n'entraîne aucune variation de l'émission A_1 . En pratique, il est difficile d'éviter la réaction sur A_1 de la modulation de A_2 , et c'est même la raison pour laquelle on se limite en fait, pour H_2 , à des valeurs assez petites (0,3 à 0,4 H_1). Mais, pourvu que cette réaction ne modifie que la grandeur et la phase de l'émission A_1 sans altérer *sensiblement* la constance de la longueur d'onde émise, cela ne change rien au fait fondamental, qu'il existe, quel que soit le rapport des intensités des champs H_1 et H_2 , une valeur du déphasage telle, que le champ résultant soit de grandeur invariable, et par suite le son nul en tous les points tels que H_2 soit décalé de cette valeur par rapport à H_1 . A cette condition, en effet, le champ H_1 peut être représenté par OA_1 (fig. 3) au moment où H_2 est nul, et par OA_2 au

moment où H_2 est égal à A_2B . La condition de constance (en grandeur) du champ résultant s'écrit alors : $OA_1 = OB$. La valeur du déphasage qui correspond à cette égalité diffère de celle qu'on a

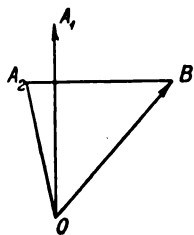


Fig. 3.

déterminée plus haut et n'est pas aussi facile à calculer, mais cela ne fait évidemment rien à l'affaire. En fait, la réaction de A_1 sur A_2 est généralement assez faible pour que les valeurs calculées dans l'hypothèse d'une réaction nulle s'écartent assez peu de la réalité. Si, par contre, la réaction de A_2 altère sensiblement la longueur d'onde d'émission, le phénomène à la réception est sous la dépendance du réglage du récepteur. Suivant ce réglage, l'axe paraît subir des déplacements, qui atteignent l'ordre de grandeur du degré et plus.

Nombre de lignes nodales du champ. — Comme dans le cas du montage interférentiel ordinaire, le nombre de lignes nodales croît avec la valeur du rapport A_1A_2/λ . On peut montrer sans difficulté que le nombre d'axes possibles, pour une valeur donnée de A_1A_2/λ , est au plus égal à deux fois le nombre entier approché par excès du quotient $A_1A_2/\frac{\lambda}{2}$. Ainsi, si A_1A_2 est compris entre $\frac{\lambda}{2}$ et λ , le nombre entier approché par excès de $A_1A_2/\frac{\lambda}{2}$ est 2 : le nombre total d'axes possibles est de 4. D'ailleurs, si l'on s'arrange pour que l'un des axes corresponde à $\beta = \frac{\pi}{2}$ (ce à quoi on est conduit pour obtenir la précision maximum), le nombre des axes possibles se ramène à 3. Les 2 axes latéraux ne sont symétriques par rapport à l'axe central que si H_2 est très petit par rapport à H_1 , de sorte que le déphasage nodal θ soit égal à $\frac{\pi}{2}$. A mesure que H_2 augmente, les axes latéraux sont de plus en plus dissymétriques. Le nombre d'axes croît, en définitive, à mesure que $\frac{A_1A_2}{\lambda}$ augmente, c'est-à-dire à mesure que la précision croît. Suivant les applications projetées, la multiplicité des axes est, ou non, gênante. En fait, nous avons admis pour pres-

que tous nos essais une valeur $\frac{A_1 A_2}{\lambda}$ voisine de $3/4$, ce qui nous donnait 3 axes, écartés d'une quarantaine de degrés. Un tel écart angulaire empêche pratiquement toute confusion entre les divers axes, et l'emploi d'une base aussi grande assure une très grande précision. Nous avons également effectué des essais avec un avion en prenant $A_1 A_2 / \lambda$ très légèrement inférieur à $\frac{1}{2}$. L'axe unique obtenu ainsi a pu être suivi sans difficulté et la précision jugée très suffisante pour la navigation aérienne.

Déplacement périodique des lignes nodales du champ. —

Il est peu pratique de suivre une direction définie par la disposition du son reçu à l'écouteur. Il est possible, grâce à une modification simple de caractériser de façon plus commode l'axe repéré et, en outre, d'indiquer de quel côté de cet axe on se trouve quand on s'en est écarté.

Nous avons vu que le déphasage en un point quelconque M est la somme du déphasage initial α et du déphasage dû à la différence de marche $MA_2 - MA_1$. Si donc on fait varier périodiquement l'angle α , la valeur du déphasage en M variera aussi périodiquement de la valeur dont on fait varier α , les points d'égal déphasage restant d'ailleurs ceux où la différence de marche a la même valeur, c'est-à-dire les points situés sur les hyperboles de foyers A_1 et A_2 . Ce sont, en somme, les hyperboles (ou les asymptotes) correspondant à un déphasage θ donné, et en particulier les lignes nodales, que l'on déplace ainsi périodiquement.

On peut donc réaliser un balancement périodique des lignes nodales suivant une loi quelconque, en réalisant une variation périodique convenable de α . Or cette variation de α est aisée à réaliser. On peut, par exemple, l'obtenir en faisant varier la longueur d'onde propre de l'antenne A_2 au moyen d'un condensateur tournant, en parallèle avec le condensateur d'antenne. La grandeur et la loi de variation dans le temps de cette capacité tournante sont à déterminer suivant la loi que l'on veut réaliser pour la variation de β et l'amplitude désirée de cette variation.

Supposons que l'on ait obtenu un déplacement alternatif à vitesse constante de la ligne nodale OX (fig. 4), dans un secteur OX_1OX_2 . En un point C voisin de OX_1 , extérieurement à la zone balayée, l'intensité de la réception diminuera, sans devenir nulle, lorsque OX se rapprochera de OX_1 et augmentera quand OX se

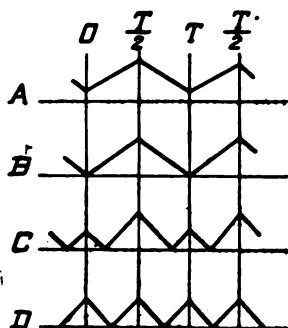


Fig. 4.

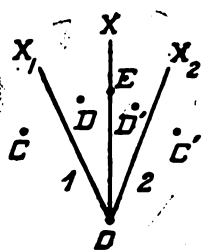


Fig. 5.

déplacera vers OX_1 . Cette intensité sera représentée par la courbe A (fig. 5). Quand C arrive sur OX_1 , l'allure de la courbe reste la même, mais les minima sont nuls (courbe B).

A l'intérieur de la zone balayée, en D , l'intensité de la réception s'annule 2 fois par période, à intervalles de temps inégaux (courbe C). Enfin en E sur l'axe moyen OX , l'intensité passe deux fois par zéro à intervalles de temps égaux et les maxima successifs sont égaux (courbe D). Naturellement, aux points D' et C' symétriques de D et C on retrouve des figures identiques aux courbes C et A mais décalées d'une demi-période. En résumé, l'intensité de la réception, à peu près constante quand le récepteur est loin de la zone balayée, subit un affaiblissement périodique de plus en plus accusé à mesure qu'il se rapproche de cette zone. Au moment où il y pénètre, il y a dédoublement du minimum, les deux minima très rapprochés d'abord s'écartant à mesure qu'il se rapproche de l'axe moyen, pour devenir équidistants lorsqu'il arrive sur cet axe. Cet isochronisme des minima, très aisément perceptible, définit avec précision le passage par l'axe moyen. Reste à déterminer de quel côté de l'axe on se trouve. Il

suffit, pour cela, de différencier les courbes A,B,C, des courbes identiques décalées de $\frac{T}{2}$ obtenues de l'autre côté de l'axe. On peut, par exemple, réaliser une modification caractéristique de l'émission (changement de la fréquence de modulation, par exemple) pendant un temps très court *une* fois par période seulement. Imaginons que ce changement de note se produise au passage de la ligne nodale en OX lorsque cette ligne se déplace de OX₁ vers OX₂ (temps $\frac{T}{4}$, $T + \frac{T}{4}$... de la figure). On voit sur la figure que, dans le secteur 1, le changement de note *suit* immédiatement le minimum (courbe A et B) ou le groupe de deux minima (courbe C) consécutifs, tandis que, dans le secteur 2, ce changement *précède* immédiatement le minimum ou le groupe de minima.

On peut évidemment envisager d'autres combinaisons fondées comme la précédente sur des variations concomitantes de la phase et des caractéristiques de l'émission. La combinaison indiquée est celle qui a paru le plus commode lors des essais. La période de ce balancement est d'environ 2 secondes.

Le balancement périodique de l'axe nodal, outre l'avantage de définir plus commodément l'alignement repéré, a le grand intérêt de permettre l'augmentation de la portée utile, puisque, grâce à lui, le récepteur, au lieu de se trouver dans une zone où l'intensité modulée est toujours quasi nulle, se trouve périodiquement placé dans une zone où elle atteint des valeurs appréciables. Naturellement, la portée utile croît avec l'ouverture du secteur balayé par l'axe nodal ; par contre, la précision diminue, toutes choses égales d'ailleurs, dans les mêmes conditions.

Réalisation. — Pour réaliser le dispositif décrit, il suffit d'alimenter au moyen d'un oscillateur unique les deux antennes A₁ et A₂. En pratique, avec les ondes courtes utilisées actuellement, (pour des raisons de prix de revient notamment), les antennes sont constituées par un simple tube vertical de quelques mètres de hauteur, et l'on réalise un contrepoids rayonnant au moyen de fils de cuivre disposés autour de ce tube au voisinage du sol. L'antenne A₁ est alimentée directement au moyen d'un poste à lampes, et l'antenne A₂ est

alimentée à partir de l'antenne A_1 au moyen d'un fil de liaison réunissant des points convenablement choisis des deux antennes, points généralement assez voisins des nœuds de tension. A un écart plus ou moins grand entre le point d'attache et le nœud de tension correspond une intensité secondaire plus ou moins grande. On a ainsi un moyen commode et très simple de régler cette intensité. Lorsque cette intensité secondaire n'est pas très petite, il faut se

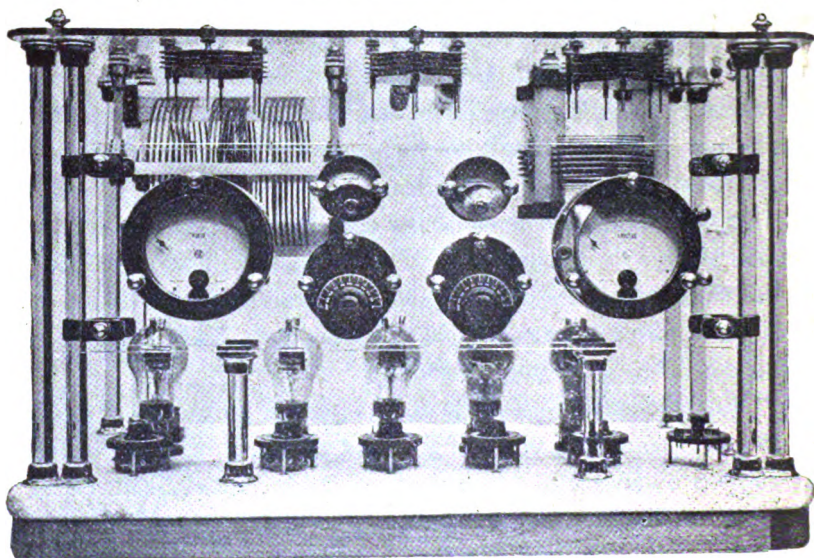


Fig. 6. — Poste d'émission.

préoccuper de la réaction inévitable de A_2 sur A_1 . Dans les montages actuels, le poste A, est un poste à lampes à circuit oscillateur indépendant excitant l'antenne par l'intermédiaire d'un amplificateur de puissance. Il suffit alors de quelques précautions de réglage pour empêcher toute modification gênante de la longueur d'onde d'émission. On pourrait d'ailleurs, s'il fallait maintenir la longueur d'onde constante à une très grande approximation (par exemple, si l'on voulait obtenir des radio-alignements stables et précis à une fraction de degré), utiliser les dispositifs connus de stabilisation de longueur d'onde, par exemple les dispositifs à oscillateur piézo-électrique.

Lorsque le poste A_1 n'est pas à circuit oscillateur indépendant, on peut encore éviter la modification de la longueur d'onde d'émission, par suite de la réaction de l'antenne A_2 en s'arrangeant pour que cette réaction se traduise dans l'antenne A_1 par un courant oscillant exactement en phase ou exactement en opposition avec le courant primaire

Ce procédé a l'inconvénient d'être de réglage plus délicat et en outre de fixer le décalage initial α des deux émissions sans que ce décalage puisse être modifié pour des rectifications de l'axe nodal

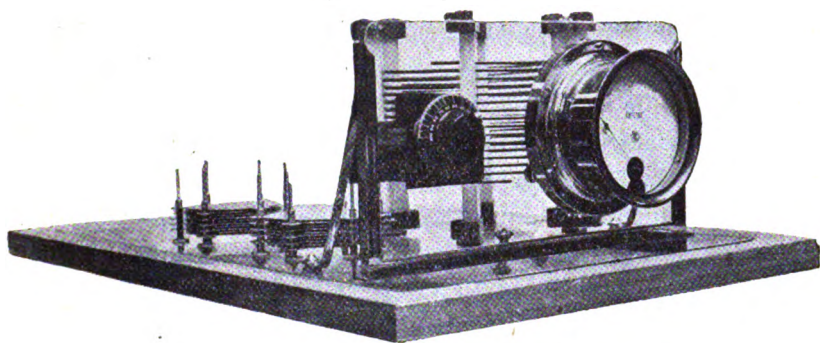


Fig. 7. — Dispositif d'accord de l'antenne secondaire.

balisé. On ne peut alors plus déplacer commodément les lignes nodales du dispositif.

Au contraire, avec un poste émetteur à circuit oscillateur indépendant, on est maître du déphasage initial α (ou plutôt du déphasage moyen), et par suite on peut braquer comme on le désire les lignes nodales du champ par de simples modifications du réglage de la longueur d'onde propre de l'antenne secondaire, d'où grandes commodités de réglage.

Le fil de liaison peut, à volonté, être aérien ou placé dans un caniveau de diamètre suffisant pour que la capacité par rapport au sol ne soit pas excessive. La liaison entre les deux antennes pourrait, au besoin, comporter des amplificateurs.

L'antenne secondaire est modulée, dans les appareils actuels, au moyen d'un commutateur mécanique constitué par une bague

et deux collecteurs sur lesquels appuient des frotteurs. Les deux collecteurs ont un nombre de lames différent, et les lames sont alternativement reliées à la bague ou isolées. L'un des collecteurs donne la note ordinaire de modulation ; l'autre, mis en jeu par un contact spécial relié mécaniquement au condensateur tournant qui produit la variation périodique du déphasage à lente période, donne la note du « top » qui sert à lever l'indécision sur le côté de l'axe où l'on se trouve. On peut intercaler le commutateur soit dans l'antenne soit dans le fil de liaison, de façon à supprimer périodiquement, à la fréquence f , le courant dans l'antenne A_2 .

La réception s'effectue au moyen de n'importe quelle boîte de réception. En pratique, nous avons utilisé, pour nos essais sur ondes courtes, une boîte à superréaction du type E 20 de la télégraphie militaire (montage symétrique Mesny-David), avec, comme antenne, un fil de quelques mètres. Nous comptons réaliser sous peu un récepteur traduisant automatiquement, par l'allumage de lampes colorées, les indications fournies par le dispositif sur la position du récepteur par rapport à l'axe défini. Cette réalisation, évidemment, ouvrira la voie à une réalisation télémechanique de guidage d'un bâtiment ou d'un avion.

Essais. — Nous avons effectué d'abord à terre, à travers champs, des essais à faible distance (quelques kilomètres), destinés à la vérification du principe mis en jeu. Ces essais ont permis de vérifier l'existence des lignes nodales et leur rectitude, et ils ont montré qu'elles étaient aisées à suivre.

D'autres séries d'essais ont été ensuite effectuées au Havre, avec le concours de la Compagnie générale transatlantique d'abord, du port autonome et de l'administration des Phares et Balises ensuite. Nous avons pu montrer, en particulier, le fonctionnement du dispositif aux membres de la commission française envoyée à Washington pour la conférence de réglementation internationale de T.S.F., et en particulier à M. le général Ferrié, au moment de leur passage au Havre.

À bord du remorqueur « Chimère » mis gracieusement à notre disposition par la Compagnie générale transatlantique, nous pûmes

suivre très aisément le chenal ouest, avec des écarts inférieurs à 1 degré. Au bout de très peu de temps d'ailleurs, le capitaine du remorqueur se guidait, lui aussi, sans difficulté sur les indications du récepteur, transmises par haut-parleur. Le lendemain soir, nous renouvelons le même essai à bord de l'« Ile de France » au moment du départ de ce paquebot. Le dispositif de réception est si peu encombrant, que nous avons pu le monter, une heure avant l'appareillage, sur la passerelle supérieure du paquebot, non utilisée par la manœuvre. L'intérêt de ce nouvel essai devait être de montrer si la masse du paquebot n'introduisait pas d'erreur dans le repérage. En fait, le bout de fil de quelques mètres qui servait d'antenne de réception étant nettement masqué par les énormes cheminées du paquebot, l'intensité de réception était affaiblie. Mais on constata, comme la veille, l'isochronisme parfait des battements sonores au moment même où le paquebot arrivait sur l'alignement des feux qui définit la passe.

Au point de vue de la portée, on a réalisé sans difficulté au Havre des portées de 20 kilomètres avec 1^A dans l'antenne A_1 et $0^A,15$ dans l'antenne A_2 (40 watts environ au continu). On n'est du reste jamais arrivé, faute de temps ou par suite de mauvais temps au large, à la limite de portée. Nous comptons, avec le poste actuel de 200 watts environ (au continu), atteindre 70 à 100 kilomètres, le rapport H_2/H_1 étant d'environ 0,35.

Nous avons également effectué des essais avec des avions. Au moins pour les hauteurs de vol usuelles, faibles par rapport à la distance, le dispositif définit dans l'air des plans verticaux ayant pour trace sur le sol les axes repérés à terre et aussi aisés à suivre pour les avions que pour les navires. La portée, à puissance égale, est moins grande pour les avions. On ne peut, en effet, amplifier autant à bord de ces derniers, et il faut cependant couvrir les bruits parasites généralement intenses. On a pu obtenir, avec un poste de 300 watts, une portée d'environ 60 kilomètres. La précision est de l'ordre du degré.

LES CENTRAUX TÉLÉPHONIQUES DE LYON,

par A. LELLUCH,
ingénieur des Postes et Télégraphes.

I. INTRODUCTION.

1. Situation des installations téléphoniques, à Lyon, avant le 11 mai 1928. — Avant le 11 mai 1928, le service téléphonique urbain était assuré, à Lyon, par deux centraux :

a) Sur la rive droite du Rhône, le central « Barre », à batterie locale (la mise en service du multiple initial, du type Aboilard, fut effectuée en 1890), comportant :

- 41 groupes de départ ayant devant eux le multiplage des abonnés,
- 23 standards à signaux lumineux d'appel transitant pour obtenir les abonnés demandés par des groupes d'arrivée locaux,
- 4 groupes d'arrivée locaux,
- 8 groupes d'arrivée de « Vaudrey »,
- 7 groupes intermédiaires.

L'équipement permettrait d'y rattacher 6400 abonnés.

b) Sur la rive gauche du Rhône, le central « Vaudrey », à batterie centrale, du type Thomson-Houston (l'installation initiale fut mise en service en 1919), comportant :

- 54 groupes de départ,
- 9 groupes d'arrivée de « Barre »,
- 4 groupes intermédiaires.

L'équipement actuel permet d'y rattacher 8.000 abonnés.

Quant au central interurbain, il était installé dans les mêmes locaux que le central « Barre » et comportait 78 tables interurbaines, construites au moyen de tables interurbaines du modèle administratif, considérablement modifiées.

2. Programme de réaménagement des installations. — Le programme de réaménagement des installations comportait :

- 1^o La construction d'un central interurbain moderne ;
- 2^o Le remplacement du central « Barre » par deux centraux automatiques à 10.000 lignes, « Franklin » et « Burdeau » (ce dernier étant susceptible d'être porté à une capacité de 20.000 lignes) ;
- 3^o L'incorporation du réseau de Villeurbanne au réseau de Lyon et le remplacement du central « Vaudrey » et du bureau de Villeurbanne (équipé actuellement avec des standards à batterie locale) par quatre bureaux automatiques : « Lalande » (10.000 lignes), « Moncey » (10.000 lignes), « Parmentier » (10.000 lignes), « Villeurbanne » (5.000 lignes).

Il était important de procéder en premier lieu et dans un délai aussi court que possible au remplacement du central « Barre » (urbain et interurbain), en raison de la vétusté des installations et des difficultés d'exploitation qui en résultaient. L'exécution de cette première tranche de travaux prit fin le 11 mai 1928, date à laquelle furent simultanément mis en service le central interurbain et les centraux automatiques « Franklin » et « Burdeau » (1), construits et installés par la Compagnie des téléphones Thomson-Houston.

Nous nous proposons, dans ce qui suit, de donner les caractéristiques de ces installations, en insistant plus particulièrement sur les quelques points qui les rendent différentes des installations analogues existant actuellement en France.

II. LE CENTRAL INTERURBAIN DE LYON.

1. Description générale. — Le central interurbain de Lyon (fig. 1 et 2) est doté de :

120 tables interurbaines (dotées de calculagraphes, à raison d'un calculagraphes pour 2 tables), pouvant recevoir 726 circuits :

52 tables à 4 circuits,

1. Se reporter, pour la description des opérations de transfert, à l'article intitulé *Mise en service de l'automatique à Lyon*, paru dans les *Annales des P.T.T.* de décembre 1928 sous la signature de M. P. Joly, ingénieur en chef des P.T.T.



Fig. 1. — Une partie de la salle de Lyon-interurbain.

Autour de la salle, du côté des fenêtres à gauche et au fond, les tables interurbaines ; à droite, une partie des tables de trafic direct (départ) ; dans l'axe de la salle, la table des annotatrices, la table de tri et le tableau des durées d'attente ; au 1^{er} plan, deux tables de surveillantes.

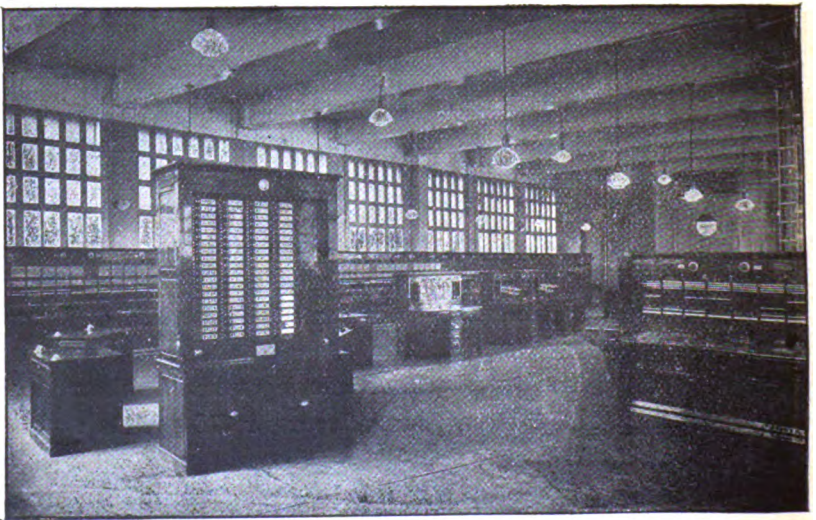


Fig. 2. — Une partie de la salle de Lyon-interurbain.

On distingue dans l'axe de la salle, de droite à gauche : la table des renseignements et réclamations (quatre positions), la table de contrôle (deux positions) et le tableau des durées d'attente.

- 23 tables à 6 circuits,
- 35 tables à 8 circuits,
- 10 tables à 10 circuits ;
- 16 tables de trafic direct départ permettant d'exploiter 100 circuits ;
- 12 tables de trafic direct arrivée (dont 9 équipées, 3 en attente) permettant d'y rattacher 100 circuits ;
- 1 position d'amplificateurs sur cordons ;
- 20 positions d'annotatrices, et un tableau des durées d'attente (capacité maximum : 100 directions ; 80 directions équipées) ;
- 1 table de tri à quatre positions ;
- 1 table de renseignements et réclamations à quatre positions ;
- 1 table de contrôle ;
- 1 table de surveillante principale ;
- 14 tables de surveillantes.

2. Annotatrices. — Les abonnés urbains automatiques obtiennent les annotatrices en composant avec leur cadran le n° 110 (voy. le diagramme de jonction, fig. 3). Ils marquent appelante une ligne d'appel des annotatrices.

Les abonnés urbains manuels sont aiguillés sur les annotatrices par une opératrice A du bureau « Vaudrey ».

Enfin les abonnés spécialisés à l'interurbain, dotés d'un poste à batterie centrale sans cadran sont marqués appelants aux annotatrices par simple décrochage de leur poste.

Chaque annotatrice est dotée d'un chercheur d'annotatrice. Dès qu'une annotatrice devient libre, si un appel est en instance, son chercheur se met en marche et s'arrête sur la ligne appelante, provoquant la mise en écoute automatique de l'annotatrice, en même temps que l'allumage d'une lampe d'appel. L'annotatrice prend l'inscription ; elle est libérée, à la fin de la communication, par le raccrochage de l'abonné demandeur (quand cet abonné est un abonné rattaché à un bureau automatique ou est un abonné spécialisé à l'interurbain). L'annotatrice a d'ailleurs la possibilité de se libérer en manœuvrant une clé de libération. La manœuvre de cette clé devient obligatoire si le demandeur est rattaché au

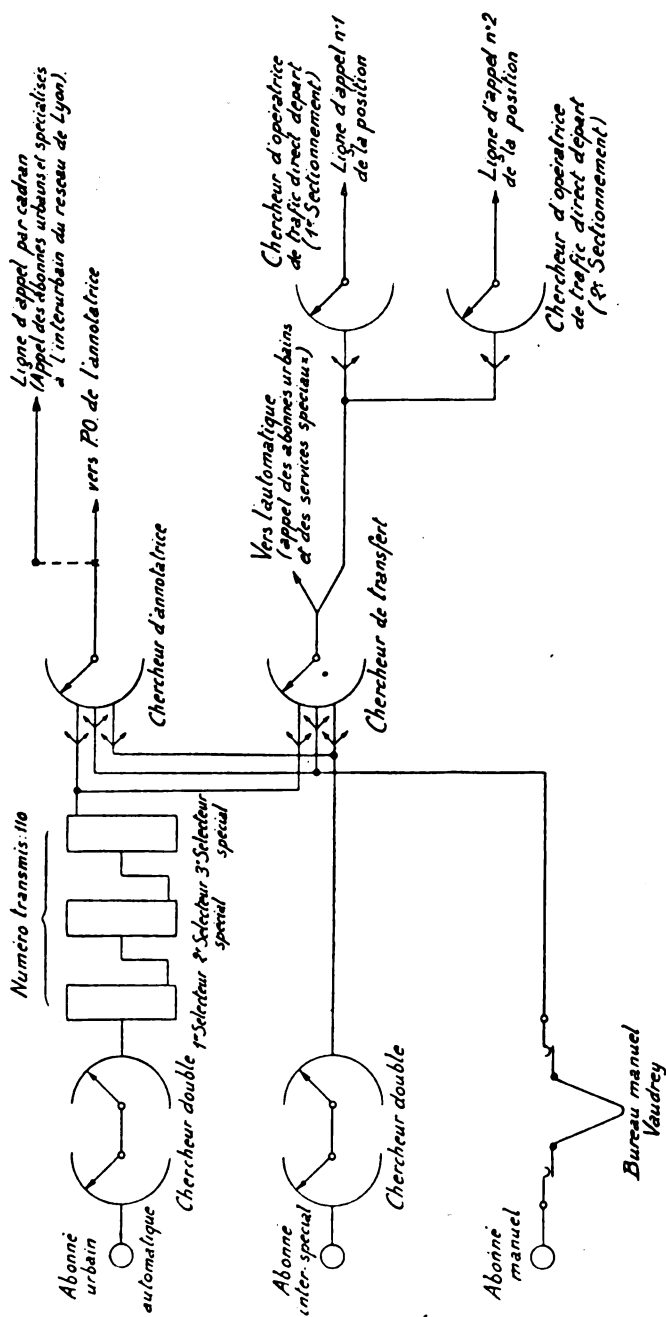


Fig. 3. — Diagramme de jonction du service interurbain.

bureau « Vaudrey » : cette manœuvre provoque non seulement la libération de l'annotatrice, mais encore le scintillement de la lampe de supervision côté demandé du dicorde utilisé au bureau « Vaudrey ».

Dans le cas où la localité demandée est desservie par les tables de trafic direct départ, l'annotatrice transfère l'abonné sur cette installation en abaissant sa clé de transfert sur le trafic direct, ce qui provoque la mise en marche d'un chercheur de transfert. Il est à noter que l'annotatrice est libérée dès que le chercheur de transfert a pris la ligne à transférer ; l'annotatrice en est avertie par l'extinction de sa lampe d'appel. Le temps nécessité par ces opérations ne dépassant pas 5 ou 6 secondes, la charge supplémentaire que ce rôle d'aiguilleuses impose aux annotatrices est très faible (deux minutes au maximum pendant l'heure chargée par annotatrice).

Dans le cas où le demandeur est un abonné inter-spécial désirant être mis en communication avec un service spécial (renseignements et réclamations ou télégrammes téléphonés), l'annotatrice opère comme il est indiqué ci-dessus, mais en utilisant une clé de transfert sur l'automatique, et en dialant le numéro du service spécial demandé (118 ou 119). Les communications de cette nature sont très rares.

Enfin les annotatrices, comme les opératrices interurbaines, ont la possibilité de prendre une ligne d'appel par cadran et d'obtenir automatiquement un quelconque des abonnés du réseau de Lyon (abonnés urbains ou spécialisés à l'interurbain).

Afin de permettre la surveillance de ce service, les dispositions suivantes sont prises :

a) A chaque opératrice correspond une lampe ; cette lampe est allumée quand l'opératrice est à son poste, mâchoire enfoncée ; en vue d'éviter un échauffement anormal, le circuit d'allumage de ces lampes n'est complété que lorsqu'un bouton d'allumage est enfoncé ;

b) A chaque ligne d'appel correspond une lampe qui reste allumée tant que l'appel reste en instance. Toutes ces lampes sont placées sur la table de la surveillante principale.

3. Tables interurbaines. — Les tables interurbaines, qui par ailleurs ont reçu l'équipement habituel, présentent les particularités suivantes :

a) Les opératrices interurbaines obtiennent les abonnés de Lyon en les demandant par ligne de conversation aux groupes intermédiaires des bureaux urbains intéressés (actuellement, quatre groupes sont en service dans chacun des bureaux « Burdeau », « Franklin », « Vaudrey »). Toutefois, aux heures de faible trafic, les opératrices interurbaines ont la possibilité d'obtenir ces abonnés (aussi bien les abonnés urbains que les abonnés inter-spéciaux) au moyen du cadran. (Se reporter pour plus de détails p. 528).

b) Les opératrices interurbaines, *lorsqu'elles transitent par les groupes intermédiaires des bureaux automatiques*, ont la possibilité de se porter en écoute sur une communication urbaine établie, d'offrir une communication urbaine à l'abonné intéressé, et, dans le cas où ledit abonné fait une réponse favorable, de couper la communication urbaine en cours.

c) En l'état actuel des installations, l'abonné est sonné par l'opératrice interurbaine, à travers le translateur du monocorde intermédiaire, l'appel n'étant envoyé que lorsque la clé d'appel est maintenue en position de travail par l'opératrice. Cette disposition fait que les abonnés ne sont pas sonnés avec la sécurité et la régularité désirables. Aussi a-t-on décidé de modifier le schéma du monocorde intermédiaire (les travaux sont en cours actuellement), en vue de réaliser l'envoi d'un courant d'appel phasé sur la ligne de l'abonné demandé, sans interposition de translateur. L'établissement du circuit d'appel est obtenu par le simple abaissement de la clé d'appel du dicorde interurbain, la rupture de ce circuit étant obtenue au décrochage de l'abonné demandé.

d) Signalons enfin, pour terminer, que des travaux en cours actuellement permettront à certaines tables d'amplifier des communications de transit sans intervention de la position relais ; l'opératrice pourra automatiquement prendre un répéteur libre, y connecter les deux circuits intéressés et leurs équilibres, surveiller la communication et régler l'amplification.

4. Tables de trafic direct. — a) *Départ.* — Chaque position de trafic direct départ est équipée avec deux chercheurs, permettant de recevoir deux appels simultanés. Il reste entendu qu'une opéra-

trice ne peut recevoir un deuxième appel que si toutes les opératrices présentes ont au moins un appel à traiter. Les opératrices prennent elles-mêmes les inscriptions et établissent les communications en utilisant un circuit libre desservant la localité demandée.

Pour ce faire, elles disposent du multiplage des circuits avec signaux lumineux d'occupation commandés par un bouton d'allumage. Les dispositions prises permettent indifféremment l'exploitation par appel sur le circuit ou par ligne de conversation.

La durée de la communication est donnée par la situation d'une lampe spéciale commandée par une minuterie, elle-même mise en marche par l'opératrice au début de la communication et arrêtée indifféremment par la réception du signal de fin sur le circuit ou par le raccrochage de l'abonné de Lyon.

Pendant la 1^{re} unité la lampe est allumée ; elle est éteinte pendant la 2^e unité ; elle scintille régulièrement pendant la 3^e unité ; elle scintille par intermittence pendant la 4^e unité.

Un dispositif de lampes de contrôle analogue à celui prévu pour les annotatrices permet à la surveillante principale de surveiller la marche du service (nombre d'opératrices présentes, nombre d'appels en instance sur les lignes de transfert).

b) *Arrivée.* — Les tables de trafic direct arrivée ne se différencient des tables interurbaines que par le fait qu'elles ne possèdent pas de calculagraphes et qu'elles ne peuvent être atteintes par boullisterie.

Il est à signaler que, depuis le 10 décembre 1928, les circuits de St-Etienne, reliés initialement sur les positions de trafic direct arrivée, ont été renvoyés sur les organes automatiques, ce qui permet aux opératrices interurbaines de St-Etienne d'obtenir directement par cadran tous les abonnés du réseau de Lyon (1). Les résultats obtenus sont très satisfaisants (2).

1. Il est rappelé que ces circuits sont pris sur le câble pupinisé Lyon—St-Etienne (diamètre des conducteurs : 9/10 de millimètre ; longueur du câble : 62 kilomètres ; résistance totale d'un fil : 1300 ohms environ).

2. Il est à noter que les services d'exploitation n'ont pu jusqu'ici utiliser qu'une partie de l'installation de trafic direct mise à leur disposition (6 positions au départ, 2 à l'arrivée). Cela tient au fait qu'une exploitation en trafic

5. Boulisterie. — Les fiches établies par les annotatrices sont rassemblées sur la table de tri dans un angle de concentration au moyen d'un tapis roulant ; le transport de ces fiches de la table de tri aux tables interurbaines et vice versa se fait au moyen de tubes pneumatiques.

a) *Tapis roulant.* — La figure 1 donne une vue de la table des annotatrices et de la table de tri. Cette table étant complètement

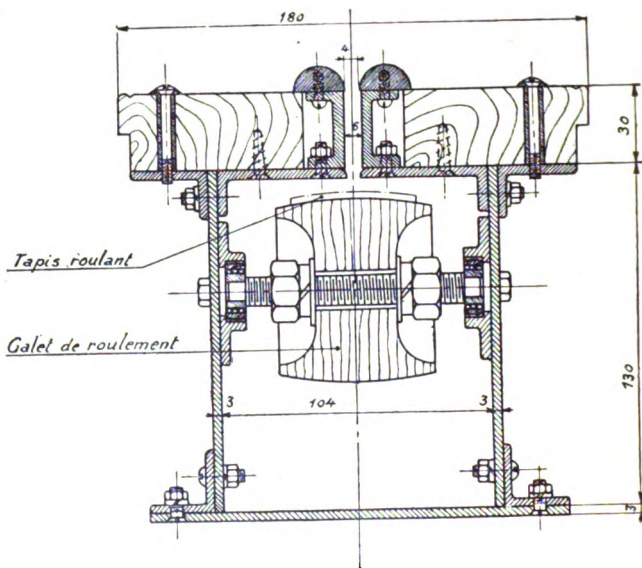


Fig. 4. — Coupe montrant la disposition du tapis roulant des annotatrices.

dégagée, une rainure, accessible à toutes les annotatrices, a été pratiquée au milieu de la table, dans le sens de la longueur. A l'aplomb de cette rainure, est disposé un tapis roulant sur lequel les fiches sont disposées de champ (fig. 4). Elles sont entraînées à la vitesse moyenne d'un mètre à la seconde. La puissance du moteur d'entraî-

direct n'est possible que vers des localités reliées au bureau de Lyon par un nombre de circuits important. Il est nécessaire en effet de spécialiser ces circuits en départ, arrivée, transit : ce compartimentage diminue le rendement des circuits, d'autant plus qu'en l'état actuel cette spécialisation est réalisée une fois pour toutes ; la réalisation d'une nouvelle répartition entraîne en effet la modification des passages des jarretières au répartiteur intermédiaire des circuits, opération qui peut être longue et ne saurait être effectuée aussi souvent

nement est d'un cheval (1500 tours à la minute). Ce système s'est montré particulièrement efficace.

b) *Tubes pneumatiques.* — Ces tubes sont des tubes en laiton polis intérieurement, à section rectangulaire (dimensions intérieures : $70\text{mm} \times 9\text{mm}$; dimensions extérieures : $72\text{mm},5 \times 11\text{mm},5$).

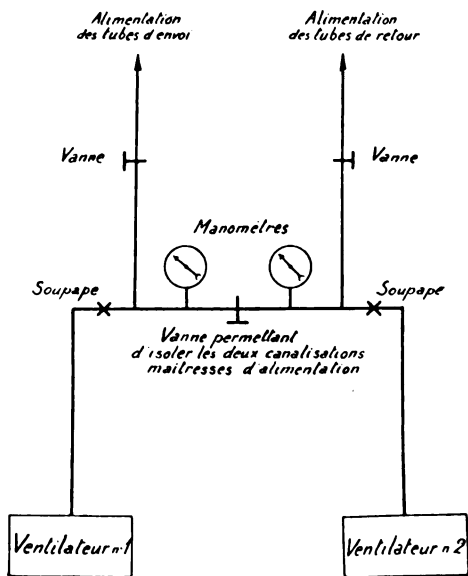


Fig. 5. — Alimentation en air comprimé de l'installation des tubes pneumatiques.

L'installation de ces tubes a nécessité la construction d'un faux plancher métallique sur toute la surface de la salle de l'interurbain et à une hauteur de 585mm au dessus du sol. Dans les zones de

que le nécessiterait l'exécution du service. D'un autre côté, l'expérience montre que, pour pouvoir desservir au départ une localité en trafic direct, il ne faut pas dépasser le rendement journalier de 60 unités de conversation par circuit dans le cas où l'on dispose de 10 circuits au maximum vers cette localité et de 80 unités de conversation par circuit dans le cas où l'on dispose de 20 circuits au maximum.

Ces deux conditions font que seules ont pu être reliées au trafic direct les localités desservies par le câble Lyon—St-Etienne, à savoir Givors, Rive-de-Gier, St-Chamond et St-Etienne.

L'exploitation par la méthode du trafic direct des circuits du câble Paris—Marseille ne paraît devoir être possible d'une manière rationnelle que si, suppo-

passage des tubes, des trappes de visite ont été ménagées ; ces trappes sont visibles sur les figures 1 et 2.

La transmission des fiches à l'intérieur de ces tubes est assurée par de l'air comprimé à une pression de 600 à 800 millimètres d'eau. Les fiches se déplacent à la vitesse moyenne de 7 mètres à la seconde

L'air, aspiré à travers des filtres par deux ventilateurs (puissance unitaire : 5CV,5, 2900 tours à la minute), est comprimé et envoyé dans les canalisations d'alimentation des tubes d'envoi et des tubes de retour dans les conditions représentées schématiquement sur la figure 5. Pratiquement, un seul ventilateur suffit pour alimenter à la fois les tubes d'envoi et les tubes de retour.

α) Tubes d'envoi des fiches de la table de tri aux tables interurbaines (fig. 6 A). — L'installation se compose de 62 tubes, desservant d'une part les 120 positions interurbaines et d'autre part les 4 positions de renseignements et réclamations (La table de tri est prévue pour recevoir 96 tubes d'envoi.)

Chaque tube porte, à l'une de ses extrémités, une valve d'émission placée sur la table de tri et à l'autre extrémité une valve de réception située entre les positions à desservir.

La fiche, convenablement pliée, est introduite dans la valve d'émission par la fente portant un volet mobile, qui se referme ensuite pour obturer l'orifice de la valve. L'opératrice appuie ensuite sur le bouton d'envoi, qui actionne, par l'intermédiaire d'une palette, le clapet d'admission d'air comprimé, ferme le circuit d'un électro-aimant qui maintient au travail la palette et allume la lampe de signalisation.

sant les deux conditions précisées ci-dessus satisfaites, on prend par ailleurs les dispositions suivantes :

1° Répartition des circuits en plusieurs sectionnements, cette répartition étant fondée sur la longueur des circuits ;

2° Possibilité pour les annotatrices d'aiguiller le demandeur, au moyen du cadran, sur le sectionnement voulu ;

3° Possibilité de passer instantanément de l'exploitation sans attente (inscriptions prises par les opératrices de trafic direct) à l'exploitation avec attente (inscriptions prises par les annotatrices), le moment où ce passage devient nécessaire étant déterminé automatiquement.

Enfin l'exécution du service serait rendue plus souple, s'il était prévu un dispositif simple permettant de modifier rapidement et momentanément la répartition des circuits desservant une même localité, en départ, arrivée et transit.

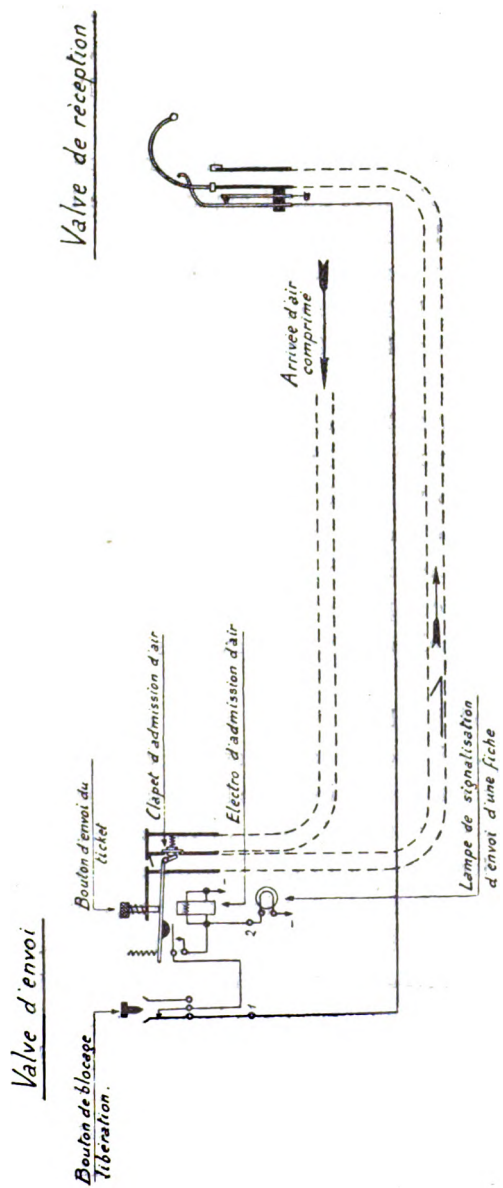


Fig. 6 A. — Tubes d'envoi de la table de tri aux tables interurbaines.

La fiche, entraînée par l'air comprimé, débouche à l'autre extrémité du tube et heurte le ressort mobile du dispositif de réception, qui coupe le circuit de l'électro-aimant de la valve d'émission. La palette, libérée, ferme le clapet d'admission de l'air, et la lampe de signalisation s'éteint.

Un bouton placé sur la valve d'envoi permet de libérer celle-ci dans le cas où une opératrice aurait appuyé sur le bouton d'envoi sans avoir introduit de fiche au préalable.

β) Tube de retour des fiches des tables interurbaines à la table de tri (fig. 6 B). — L'installation se compose de 9 tubes (place pour 12) assurant la liaison entre les 120 positions interurbaines et la table de tri.

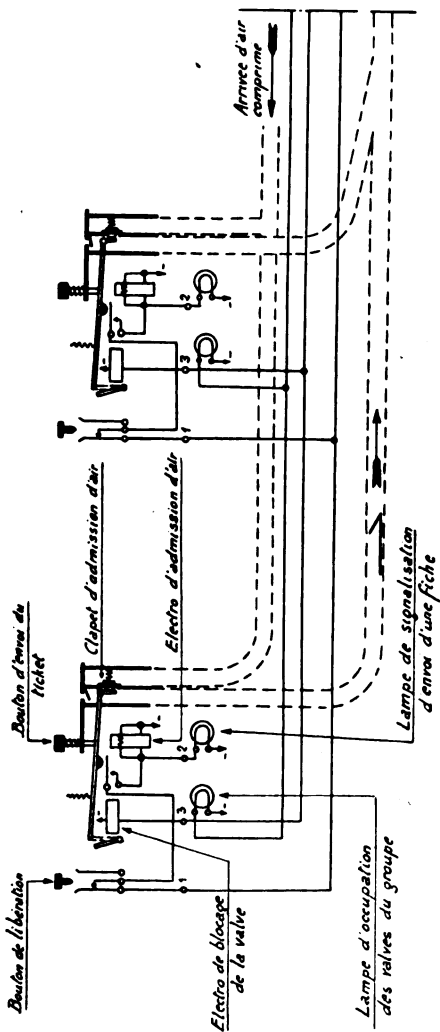
Chaque tube porte, à l'une de ses extrémités, un groupe de 7 ou 8 valves d'émission, placées sur les tables interurbaines aux mêmes points que les valves de réception de l'installation d'envoi, et à l'autre extrémité un dispositif de réception aboutissant dans l'auge de concentration des fiches établies par les annotatrices.

Dans chacun de ces groupes de valves, un dispositif de blocage empêche que deux fiches ne soient envoyées simultanément dans le même tube.

La fiche introduite dans une des valves comme il est dit plus haut, l'opératrice actionne par le bouton d'envoi le clapet d'admission d'air comprimé, ferme le circuit de l'électro-aimant de maintien du clapet, en série avec un relais de la valve de réception. Ce relais, en fonctionnant, ferme le circuit des électro-aimants de blocage des autres valves du groupe. Sur la position qui opère, la lampe de signalisation s'allume ; sur toutes les positions ayant accès au même tube de retour, la lampe d'occupation s'allume. Si une opératrice voulait utiliser le tube malgré l'allumage de la lampe d'occupation, elle en serait empêchée d'une part par le blocage mécanique de la palette de l'électro-aimant d'admission d'air qui ne permet plus de faire fonctionner le clapet d'admission d'air, et d'autre part par la pression de l'air qui s'oppose à l'ouverture du volet d'obturation et par suite à l'introduction de la fiche dans la valve.

A l'arrivée sur la table de tri, la fiche heurte un ressort mobile de coupure, qui libère la valve émettrice, les électro-aimants des

Valve d'envoi



Valve de reception

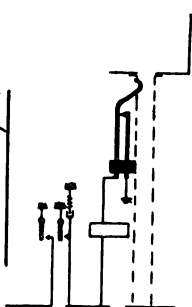


Fig. 6 B. — Tubes de retour des tables interurbaines à la table de tri.

autres valves, le relais de la valve de réception, et éteint les lampes d'occupation et la lampe de signalisation.

Enfin un bouton permet la libération de chaque valve en cas de fausse manœuvre.

Depuis leur mise en service (juillet 1928), ces tubes pneumatiques ont fonctionné dans des conditions parfaites.

III. LES CENTRAUX AUTOMATIQUES DE LYON

Les centraux automatiques de Lyon sont du type « Strowger », construit par la compagnie des téléphones Thomson-Houston. Le bureau « Franklin » a reçu un équipement de 6.000 lignes (nombre d'abonnés reliés au 1^{er} janvier 1929 : 3773) ; le bureau « Burdeau » peut recevoir 7.000 abonnés (nombre d'abonnés reliés au 1^{er} janvier 1929 : 3728). Le nombre d'abonnés reliés au bureau manuel « Vaudrey » étant, au 1^{er} janvier 1929, de 6512, on voit que le réseau téléphonique de Lyon comportait, à cette date, 14013 abonnés et était doté d'un équipement permettant d'en recevoir 21.000.

1. Introduction. — Le réseau téléphonique de Lyon étant appelé à être desservi par un nombre de bureaux automatiques inférieur à 10 (6 d'après les prévisions actuelles), les abonnés de ce réseau ont reçu des numéros d'appel à 5 chiffres. Le premier chiffre correspond à l'indicatif du bureau d'attache de l'abonné ; les quatre autres chiffres correspondent au numéro d'ordre de l'abonné à l'intérieur de son bureau.

Le diagramme de jonction, représenté sur la figure 7, donne le détail des appareils qui concourent à l'établissement des différentes catégories de communications.

Dans le présent chapitre, nous supposons qu'aucun des deux abonnés (demandeur et demandé) n'est rattaché au bureau manuel « Vaudrey ».

2. Communication entre deux abonnés du même bureau (de « Franklin », par exemple). — Au bureau automatique, un abonné n'a pour organe qui lui soit propre qu'un relais d'appel et de

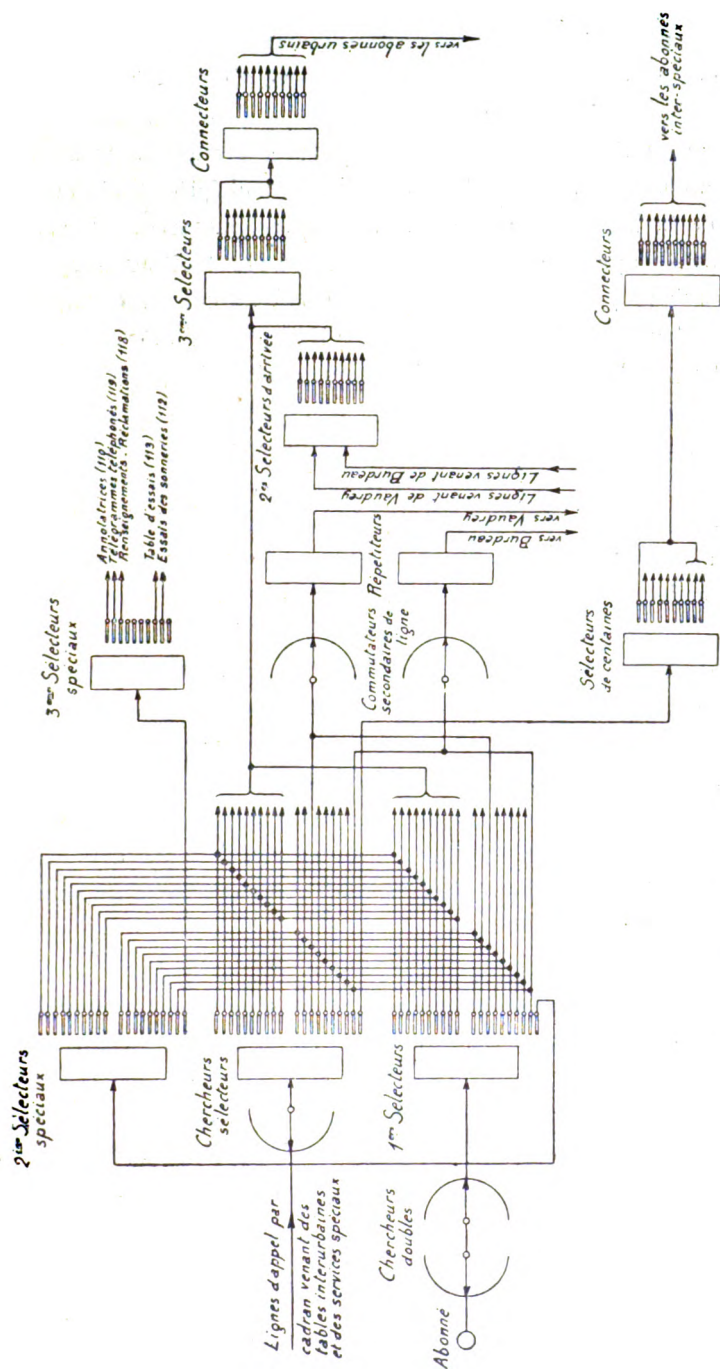


Fig. 7. — Diagramme de jonction du bureau automatique de Lyon-Franklin.

coupure. En tant que demandeurs, les abonnés sont ensuite répartis dans des groupes de 50 abonnés (1). Chaque abonné d'un groupe a accès à l'un quelconque d'un certain nombre de chercheurs doubles (11 à « Franklin ») strictement réservés à ce groupe. Sur les bancs des chercheurs primaires d'un groupe, sont multipliées les lignes des 50 abonnés du groupe ; sur les bancs des chercheurs secondaires, sont connectés les premiers sélecteurs du bureau ; les frotteurs respectifs du chercheur primaire et du chercheur secondaire, qui constituent un chercheur double, sont reliés métalliquement. Si l'on remarque que chaque chercheur secondaire donne accès à 50 premiers sélecteurs différents, que cet ensemble de 50 premiers sélecteurs est différent pour chacun des 11 chercheurs secondaires affectés à un même groupe, on voit qu'un abonné quelconque a accès à $11 \times 50 = 550$ premiers sélecteurs. Le bureau « Franklin » possédant 576 premiers sélecteurs, on voit que les abonnés ont accès à plus des 96 % des premiers sélecteurs du bureau.

Cela posé, supposons qu'un abonné rattaché au bureau « Franklin » désire entrer en communication avec un abonné rattaché au même bureau « Franklin ». L'abonné demandeur, en décrochant, provoque la rotation du chercheur secondaire ; quand ce dernier s'est arrêté, ayant pris un premier sélecteur libre, le chercheur primaire se met à la recherche de l'abonné appelant. Le chercheur primaire s'étant arrêté sur la ligne appelante, l'abonné demandeur est connecté, par l'intermédiaire du chercheur double, à un premier sélecteur.

a) *Le premier sélecteur (type Lyon).* — Le premier sélecteur (fig. 8 et 9) diffère des sélecteurs utilisés aux étages suivants de sélection par le fait qu'il donne accès à deux catégories de lignes : des lignes auxiliaires, reliées à un bureau distant, et des lignes reliées aux troisièmes sélecteurs du bureau. Ces deux catégories de lignes sont disposées sur les bancs ainsi qu'il est indiqué sur la figure 8-b. Ces lignes sont explorées par deux séries de frotteurs : une série

1, Un répartiteur intermédiaire permet de modifier la composition des groupes de 50 abonnés. Signalons qu'il a été décidé de supprimer ce répartiteur intermédiaire dans les futurs bureaux automatiques de Lyon.

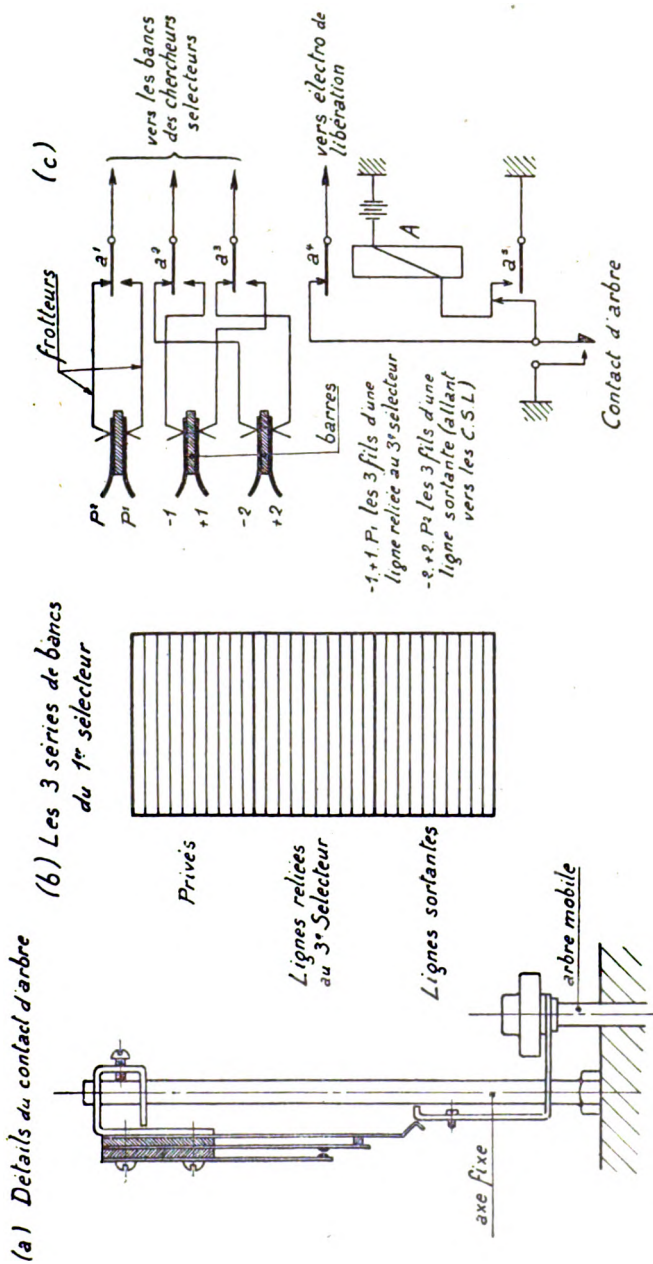


Fig. 8. — Premier sélecteur (type Lynn).

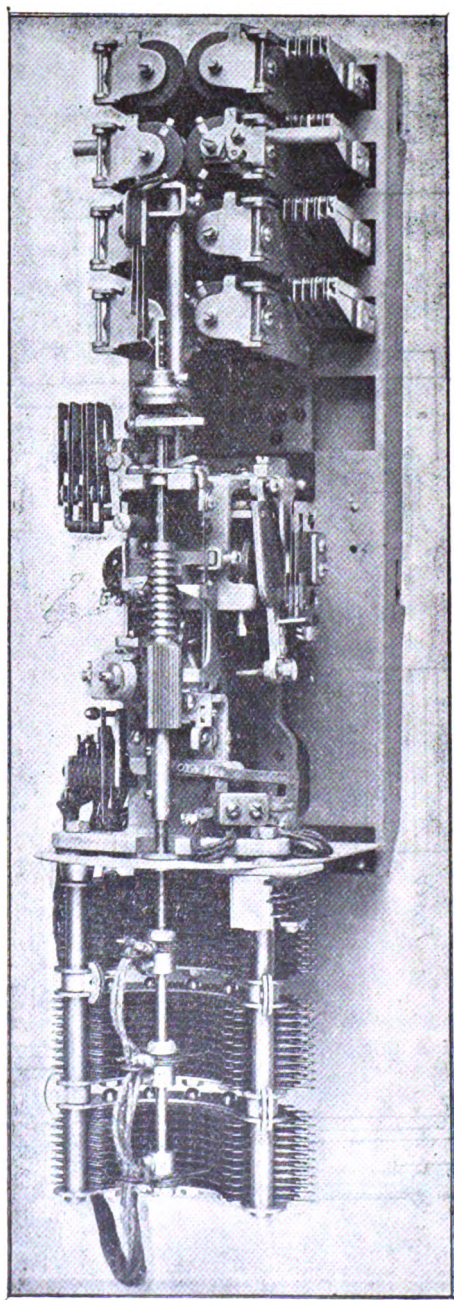


Fig. 9. — Premier sélecteur (type Lyon).

explore les lignes auxiliaires, l'autre série explore les lignes reliées aux troisièmes sélecteurs. Normalement, l'abonné est connecté sur les frotteurs de la 1^{re} série (fig. 8-c). Un relais de commutation, en fonctionnant, connecte l'abonné sur les frotteurs de la 2^e série. Le fonctionnement de l'appareil est le suivant : l'abonné demandeur, percevant la tonalité de numérotation, compose avec son cadran le chiffre 3, correspondant à l'indicatif F du bureau Franklin. L'arbre porte-balais s'élève au niveau 3 et ferme un contact d'arbre (fig. 8-a), qui complète par une terre, à travers les contacts a_4 et a_5 au repos, les circuits de fonctionnement de l'électro-aimant de libération et du relais de commutation A. Le sélecteur libère, supprimant la terre donnée par le contact de l'arbre ; le relais de commutation se maintient au collage par : terre, a_5T , enroulement du relais A et batterie, coupant en a_4T le circuit de l'électro-aimant de libération. Cette disposition fait que, si l'abonné compose de nouveau le chiffre 3, le sélecteur ne libère pas, évitant ainsi de diminuer de mille lignes la capacité maximum du bureau.

L'appareil libéré à la suite de l'envoi du chiffre 3 est prêt à recevoir le chiffre des mille, l'abonné demandeur étant connecté aux frotteurs explorant les lignes allant vers les troisièmes sélecteurs du bureau. A l'envoi du chiffre des mille, le 1^{er} sélecteur s'oriente sur une ligne libre et relie l'abonné à un 3^e sélecteur desservant le mille désiré. On voit que le 1^{er} sélecteur, dit *sélecteur d'absorption* (il absorbe, en effet, le chiffre correspondant à l'indicatif du bureau auquel il appartient), sert à la fois, dans le cas des communications locales, de 1^{er} sélecteur et de 2^e sélecteur local.

b) *Etablissement de la communication.* — Dès lors, l'établissement de la communication se poursuit comme à l'ordinaire : le 3^e sélecteur reçoit le chiffre des centaines, un connecteur desservant la centaine désirée recevant les deux derniers chiffres (dizaine et unité).

c) *Cas des abonnés à plusieurs lignes ; connecteurs rotatifs.* — Les abonnés à plusieurs lignes sont groupés dans un même mille et l'établissement de leurs communications d'arrivée utilise des connecteurs spéciaux, dits *rotatifs*. Ces connecteurs ont la propriété de rechercher automatiquement une ligne libre parmi toutes les

lignes de l'abonné demandé (lequel n'a plus qu'un numéro d'appel pour chaque groupe de 10 lignes au maximum) et de ne donner la tonalité d'occupation que lorsque toutes ces lignes sont occupées. Ce type de connecteur introduit une gêne dans l'exploitation aux heures de fermeture des bureaux. A ces heures, un certain nombre de lignes sont renvoyées sur des postes bien déterminés (directeur, ingénieur, concierge, etc...). Pour obtenir l'un de ces postes, il convient de composer, non plus le numéro d'appel utilisé aux heures d'ouverture des bureaux, mais le numéro d'appel de la ligne renvoyée sur le poste désiré. Si ce poste est occupé, et que la ligne correspondante ne soit pas la dernière dans la série des lignes de l'abonné, la sélection automatique se produit et le demandeur est connecté soit sur une ligne non-renvoyée, d'où non-réponse, soit sur une ligne renvoyée, c'est-à-dire sur un poste non-demandé, lequel est dérangé inutilement. Aussi, dans les futurs bureaux automatiques de Lyon, les connecteurs rotatifs n'opéreront-ils la recherche automatique d'une ligne libre parmi celles qui desservent un même abonné, que lorsque le demandeur composera le numéro d'appel correspondant à la première ligne de série. Lorsque le numéro d'appel composé correspondra à une ligne qui n'est pas la première de la série, le connecteur se comportera comme un connecteur ordinaire, c'est-à-dire que le dispositif de recherche automatique d'une ligne libre ne fonctionnera pas. Il est évident, d'après ce qui précède, que l'inconvénient signalé plus haut subsiste pour la première ligne de chaque série.

Notons, en terminant ce paragraphe, que le connecteur rotatif est susceptible de causer des incidents d'exploitation dans le cas où l'une des lignes d'une série se coupe, dérangement qui n'est pas décelé au central par un dispositif de signalisation et qui n'interdit pas l'arrêt du connecteur sur la ligne quand elle est libre. Cette circonstance est susceptible de provoquer la gêne maximum lorsque la ligne coupée est la première de la série. Aussi ne saurait-on trop recommander aux abonnés intéressés de procéder eux-mêmes, chaque jour, à la prise de service, à l'essai complet de toutes leurs lignes, et de signaler au service des dérangements les numéros des lignes trouvées défectueuses.

3. Communication entre deux abonnés appartenant à deux bureaux automatiques différents (par exemple, un abonné de « Franklin » demande un abonné de « Burdeau »). — En se reportant au diagramme de jonction (fig. 7), on voit que l'abonné demandeur, en décrochant, va prendre un premier sélecteur; cet organe, en recevant le chiffre 2 correspondant à l'indicatif B du bureau « Burdeau », va prendre un commutateur secondaire de lignes (constitué par un chercheur à 25 directions) arrêté sur un répéteur libre, lui-même connecté à une ligne auxiliaire à deux fils allant à « Burdeau ». Le demandeur est alors relié, par l'intermédiaire des organes précédemment nommés, à un deuxième sélecteur d'arrivée, lequel, recevant le chiffre des mille, s'oriente sur un troisième sélecteur; ce dernier reçoit le chiffre des centaines et prolonge la ligne du demandeur jusqu'à un connecteur desservant la centaine désirée. Le connecteur reçoit les deux derniers chiffres (dizaine et unité).

4. Le demandé est un service spécial. — Les services spéciaux (annotatrices, télégrammes téléphonés, renseignements et réclamations, table d'Essais, essais des sonneries) ont reçu des numéros d'appel à 3 chiffres, qui sont respectivement 110, 119, 118, 113, 112. Le diagramme de jonction (fig. 7) montre que la mise en communication d'un poste automatique avec un service spécial fait intervenir les organes suivants : poste du demandeur, chercheur double, premier sélecteur, 2^e sélecteur spécial, 3^e sélecteur spécial, service demandé.

Il ressort du diagramme de jonction, que le même résultat aurait pu être obtenu en reliant directement le niveau 1 des premiers sélecteurs aux troisièmes sélecteurs spéciaux, ce qui aurait conduit à attribuer des numéros d'appel à 2 chiffres aux services spéciaux. Cette disposition présente l'inconvénient suivant : Il arrive quelquefois qu'un abonné, en décrochant le récepteur de son poste, cause une coupure de sa ligne, ce qui correspond à l'envoi du chiffre 1 au moyen du cadran. Dès lors, si l'abonné désire un service spécial, il est connecté, quel que soit le service demandé, au service qui répond au numéro d'appel 11, et, s'il désire un abonné de « Franklin » (3), de

« Burdeau » (2) ou de « Vaudrey » (8), au service qui répond au numéro d'appel 13, 12 ou 18 (1).

Avec la disposition adoptée et en prenant pour deuxièmes sélecteurs spéciaux des organes identiques aux premiers sélecteurs et ayant tous leurs niveaux (sauf le 1^{er} niveau des lignes sortantes) multiplés sur les niveaux correspondants des premiers sélecteurs, l'envoi du chiffre 1 au décrochage du poste ne trouble en rien l'établissement de la communication si le demandé est un abonné. La seule particularité d'une telle communication, c'est qu'un organe supplémentaire, un deuxième sélecteur spécial, est mis en circuit. Par contre, le défaut subsiste si le demandé est un service spécial : le demandeur atteint, quel que soit le service demandé, le service 111

Aussi les lignes correspondant au niveau 1 des troisièmes sélecteurs spéciaux n'ont-elles reçu aucune affectation et sont-elles reliées sur la table des renseignements et réclamations. L'accrochage systématique d'un abonné sur ces lignes est l'indice d'un dérangement de l'installation intérieure de l'abonné : généralement cette installation intérieure comporte un tableau dont une clé, mal réglée, provoque une coupure de la ligne à la prise de la ligne de réseau.

Ici se pose la question des abonnés qui ont demandé que leur soit interdit l'accès aux services spéciaux donnant lieu à taxation (annotatrices et télégrammes téléphonés). Les installations existant actuellement ne permettent pas d'accorder satisfaction à ces abonnés. L'étude qui fut faite de la question a conduit à adopter le dispositif suivant (fig. 10).

Ces abonnés spéciaux sont répartis dans des cinquantaines desservies par des chercheurs doubles d'un nouveau type. Le demandeur, en décrochant, prend un chercheur double et provoque la mise en marche d'un chercheur associé à un sélecteur discriminateur.

Quand le chercheur double appelant est connecté sur cet organe, le 1^{er} sélecteur pris par le chercheur double est connecté

1. Il est à noter qu'une fois une communication établie, l'envoi d'impulsions au moyen du cadran ne cause pas la libération des organes automatiques et par suite la rupture de communication.

sur la ligne de l'abonné demandeur. Celui-ci, percevant le ton de numérotation, compose le numéro demandé ; les impulsions transmises agissent à la fois sur les sélecteurs et sur le sélecteur discriminatoire. Si le 1^{er} chiffre transmis est différent de 1, ou si le nombre formé par les deux premiers chiffres transmis est différent de 11, ou si le nombre formé par les trois premiers chiffres transmis est diffé-

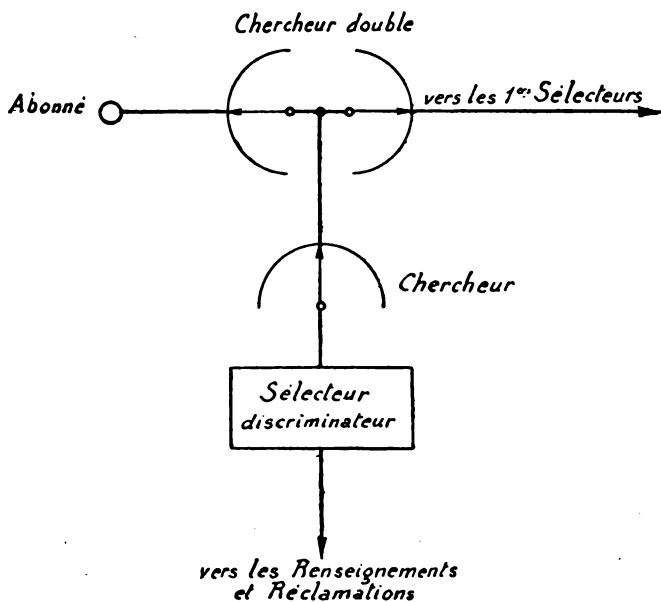


Fig. 10. — Principe du dispositif interdisant à certains abonnés d'accéder aux annotatrices et aux télégrammes téléphonés.

rent de 118 et de 119 (services à interdire), le sélecteur discriminatoire est mis hors circuit. Si le numéro transmis est 118 ou 119, les organes automatiques (premier sélecteur, 2^e et 3^e sélecteurs spéciaux) sont libérés, et l'abonné est renvoyé, à travers le sélecteur discriminatoire, sur des lignes d'appel spéciales de la table des renseignements et réclamations, où une opératrice donne à l'appel la suite qu'il comporte.

Ce dispositif peut servir à l'établissement des communications entre abonnés à un même satellite d'un bureau automatique, quand on impose que les communications de cette catégorie ne doivent pas

utiliser les lignes auxiliaires reliant le satellite au bureau automatique. Normalement, l'abonné du satellite, en décrochant, attaque les organes du bureau automatique ; si les deux premiers chiffres envoyés correspondent à l'indicatif du satellite (c'est-à-dire si le demandé est relié au satellite), le sélecteur discriminateur provoque la libération des organes pris au bureau automatique et renvoie l'abonné demandeur sur des organes locaux qui, recevant les trois derniers chiffres, établissent la communication en local. La seule modification à envisager, dans ce cas, dans le diagramme de jonction serait d'éviter l'immobilisation du sélecteur discriminateur pendant toute la durée de la communication locale. Cette question est actuellement à l'étude, en vue de déterminer l'équipement à prévoir pour les satellites « Gerland » et « Combe Blanche » du bureau automatique « Parmentier ».

5. Le demandeur est une opératrice interurbaine. — Il a été dit plus haut (p. 510, § 3-a) qu'aux heures de faible trafic les opératrices interurbaines obtiennent par cadran les abonnés du réseau de Lyon. Le diagramme de jonction (fig. 7), donne le détail d'une communication de ce genre. Les lignes d'appel par cadran sont multipliées sur les bancs de chercheurs, chacun des chercheurs étant relié métalliquement à un premier sélecteur, organe identique au 1^{er} sélecteur utilisé pour l'établissement des communications automatiques ; de plus, tous ces chercheurs sélecteurs ont tous leurs niveaux (sauf le niveau 1 des lignes sortantes) multiplés sur les niveaux correspondants des premiers sélecteurs. Le simple examen du diagramme de jonction précise les conditions dans lesquelles les opératrices interurbaines obtiennent les abonnés urbains du réseau de Lyon.

Le niveau 1 des lignes sortantes des chercheurs sélecteurs (et c'est ce qui différencie ces organes des premiers sélecteurs) est utilisé pour l'appel des abonnés spécialisés à l'interurbain. Ce niveau donne accès à des sélecteurs de centaines, eux-mêmes donnant accès aux connecteurs sur les bancs desquels sont multiplés les lignes des abonnés interspéciaux. Cette disposition, tout en limitant à 1000 le nombre maximum d'abonnés inter-spéciaux du réseau de Lyon,

a conduit à donner à ces abonnés des numéros d'appel à quatre chiffres, le chiffre des mille étant uniformément le chiffre 1.

A l'heure présente, tous les abonnés spécialisés à l'interurbain du réseau de Lyon sont rattachés au bureau « Franklin ». Pour améliorer l'alimentation microphonique de ces abonnés, il a été décidé de les répartir à l'avenir en quatre secteurs interurbains, et de les rattacher au bureau automatique (ou à l'un des bureaux) placé dans leur secteur.

Secteur interurbain.

Franklin coïncidant avec le secteur urbain Franklin : 200 lignes,
Burdeau — — — — — : 200 lignes,
Lalande représentant l'ensemble des secteurs urbains Lalande et Villeurbanne :
100 lignes,
Moncey représentant l'ensemble des secteurs urbains Moncey et Parmentier :
100 lignes.

Ce qui précède montre que les opératrices interurbaines ne peuvent obtenir par cadran les services spéciaux par leurs numéros à trois chiffres. Elles atteignent ces services en utilisant des lignes de service directes.

6. Atelier d'énergie (fig. 11 et 12). — Nous nous bornerons, dans ce qui suit, à décrire l'atelier d'énergie installé à Lyon-Franklin pour l'alimentation du bureau automatique et du bureau interurbain.

a) *Salle des machines*. — La salle des machines comporte :

un groupe électrique pour la charge des accumulateurs, constitué par un moteur asynchrone de 70 chevaux pour courant triphasé 208 volts entre phases, 50 périodes, et une génératrice non téléphonique 48/68 volts, 700 ampères. Les deux machines, montées sur un socle commun, sont à accouplement semi-élastique ;

un groupe électrogène de secours pour la charge des accumulateurs, constitué par un moteur thermique de 85 chevaux, marchant à l'essence ou au gaz, et une génératrice non téléphonique identique à celle du groupe électrique (48-68 volts, 700 ampères) ;

un groupe de machines d'appel alimenté par le secteur ;

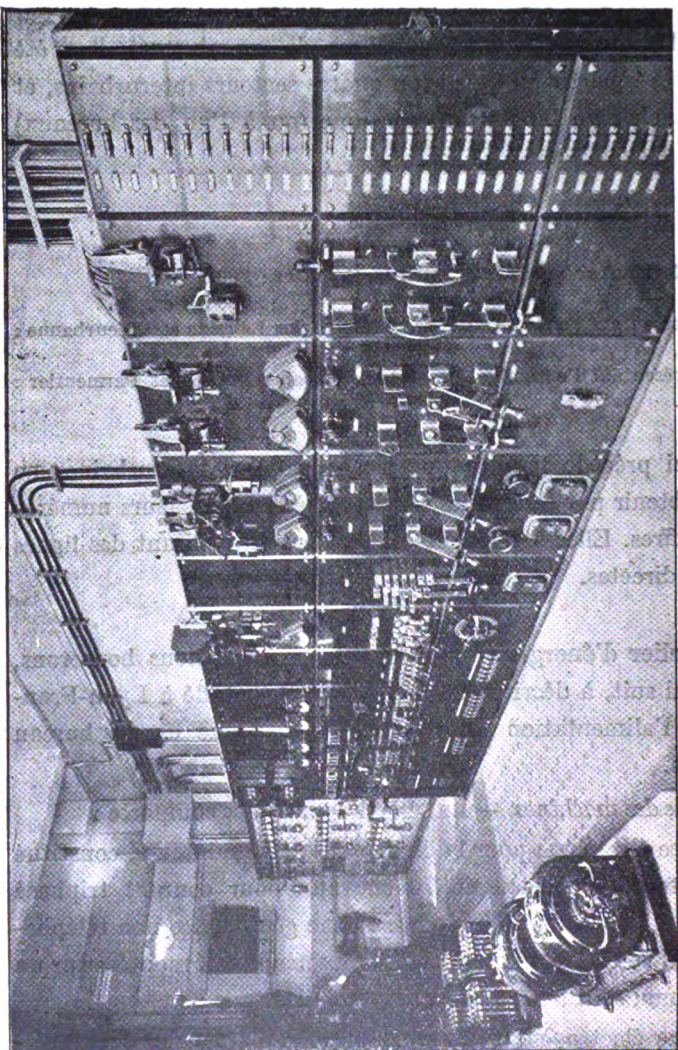


Fig. 11. — Salle des machines.

On voit le tableau de distribution des installations téléphoniques, le tableau de distribution d'éclairage du bâtiment, les machines d'appel, le groupe thermique de secours avec sa poche à gaz et son réservoir d'essence, le pont roulant (3 tonnes.)

un groupe de machines d'appel de secours alimenté par les batteries d'accumulateurs ;

deux groupes ventilateurs (leurs caractéristiques ont été précisées à la page 512, paragraphe 5-b) pour l'alimentation en air comprimé de la boulisterie pneumatique ;

un tableau de distribution.

En vue d'éviter la transmission aux planchers des vibrations des machines, on a interposé entre les socles des machines et les

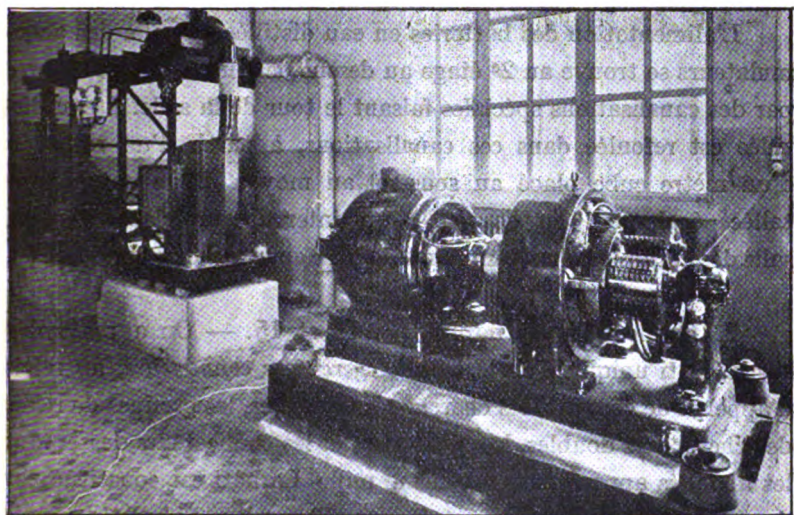


Fig. 12. — Salle des machines.

On voit le groupe électrique de charge, et les deux groupes ventilateurs alimentant les canalisations d'air comprimé de la boulisterie pneumatique.

planchers, un massif constitué par un cadre métallique rempli de béton, lequel repose sur les planchers par l'intermédiaire de rondelles de caoutchouc ; les boulons de fixation du massif aux planchers prennent également appui sur le massif au moyen de blocs de caoutchouc (la figure 12 montre le détail de cette suspension). Ce dispositif de suspension des machines semble devoir donner toute satisfaction.

Enfin un pont roulant de 3 tonnes permet de procéder commodément aux déplacements des machines nécessités par l'exécution des travaux d'entretien ou de réparations.

b) *Salle des accumulateurs.* — La salle des accumulateurs renferme deux batteries d'accumulateurs constituant les batteries centrales, et deux batteries d'accumulateurs constituant les batteries de survoltage pour le fonctionnement des compteurs. Chacune des batteries centrales comprend 25 éléments d'une capacité de 3770 AH (extension possible à 6380 AH). Deux éléments de dépolarisation permettent d'alimenter les installations à tension constante.

Chacune des batteries de survoltage comprend 25 éléments d'une capacité de 73 AH.

L'alimentation des batteries en eau distillée (la salle des accumulateurs se trouve au 2^e étage au dessus de l'entresol) est assurée par des canalisations spéciales faisant le tour de la salle. L'eau distillée est refoulée dans ces canalisations, à partir d'un réservoir d'un mètre cube placé au sous-sol au moyen d'une pompe installée également en sous-sol ; un interrupteur placé dans la salle des accumulateurs commande la mise en marche de la pompe (1).

7. Explication des figures 13, 14 et 15. — On a rassemblé sur un bâti unique, appelé *bâti de chercheurs connecteurs*, les relais d'appel et de coupure, les chercheurs primaires, les groupes de relais des chercheurs doubles, les compteurs et les connecteurs desservant les abonnés appartenant au même mille. Ce bâti est constitué par deux éléments de bâti, correspondant chacun à 500 abonnés, réunis par le répartiteur intermédiaire du mille.

Un élément de bâti vu du côté des connecteurs (fig. 13), comprend 5 rangées (1 par centaine) de connecteurs (capacité maximum de la rangée : 20 appareils) ; vu du côté des chercheurs (fig. 14), il comprend également 5 rangées (1 par centaine), chaque rangée étant constituée ainsi qu'il suit (en partant du répartiteur intermédiaire et en se déplaçant vers l'extrémité du bâti) : 100 compteurs,

1. Dans les futurs bureaux automatiques de Lyon, l'alimentation des installations aux heures de fort trafic sera assuré par un groupe électrique comportant une génératrice téléphonique débitant directement sur les installations sans interposition de self ou de batterie. La tension sera maintenue à 48 volts, à tous les régimes, par un régulateur de tension ; une seule batterie de 2130 AH assurera l'alimentation aux heures de faible trafic.

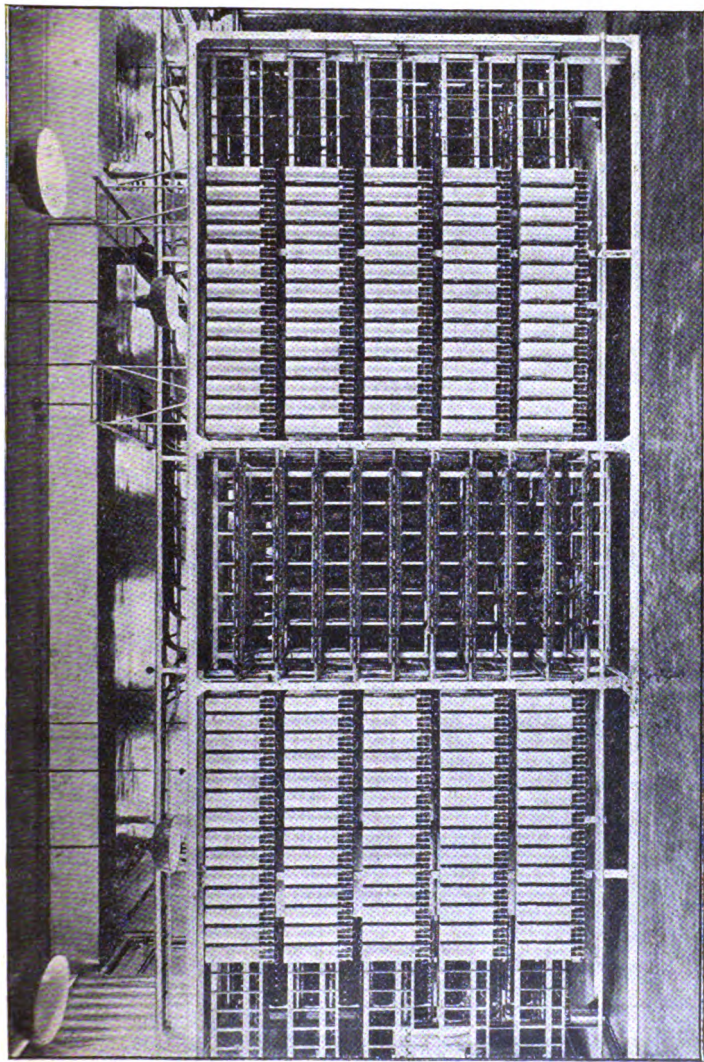


Fig. 13. — Une partie de la salle de l'automatique à Lyon-Burdeau :
bâti de chercheurs et connecteurs pour 1000 lignes, vu du côté des connecteurs.

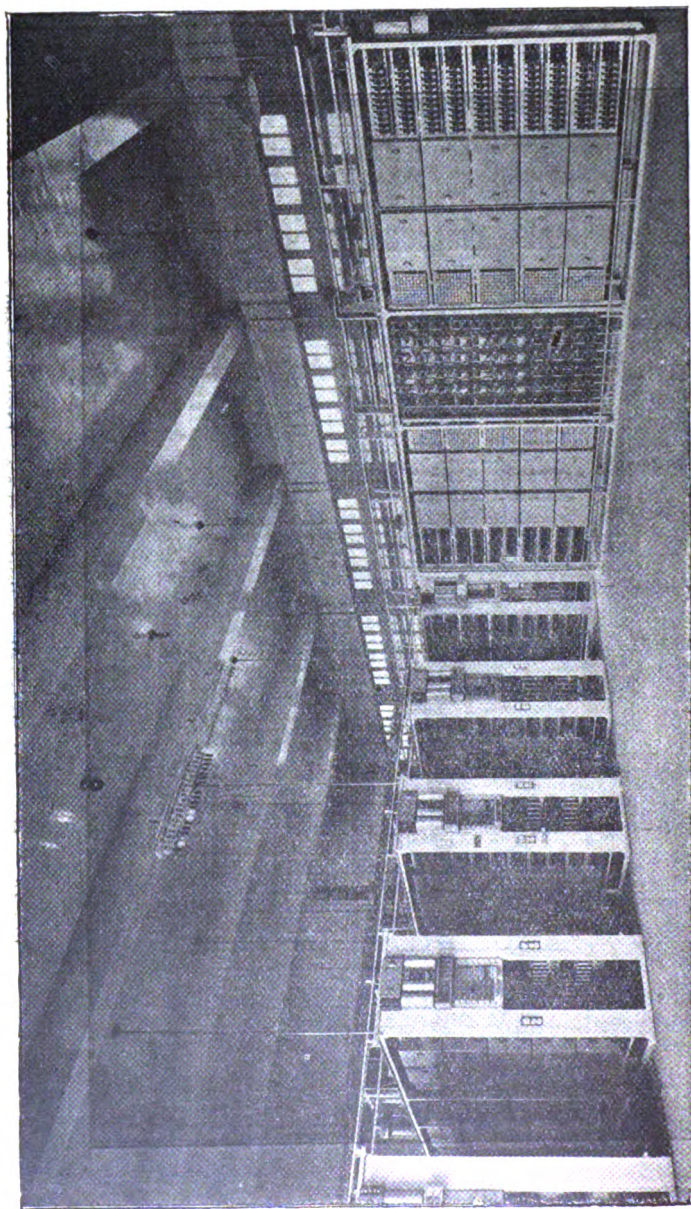


Fig. 14. — Une partie de la salle de l'automatique à Lyon-Franklin.
 A gauche, les bûts de chercheurs connecteurs correspondant aux mille 0 1, 2, 3, 4 ; à droite, le bûti de chercheurs connecteurs du mille 5, vu du côté des chercheurs.

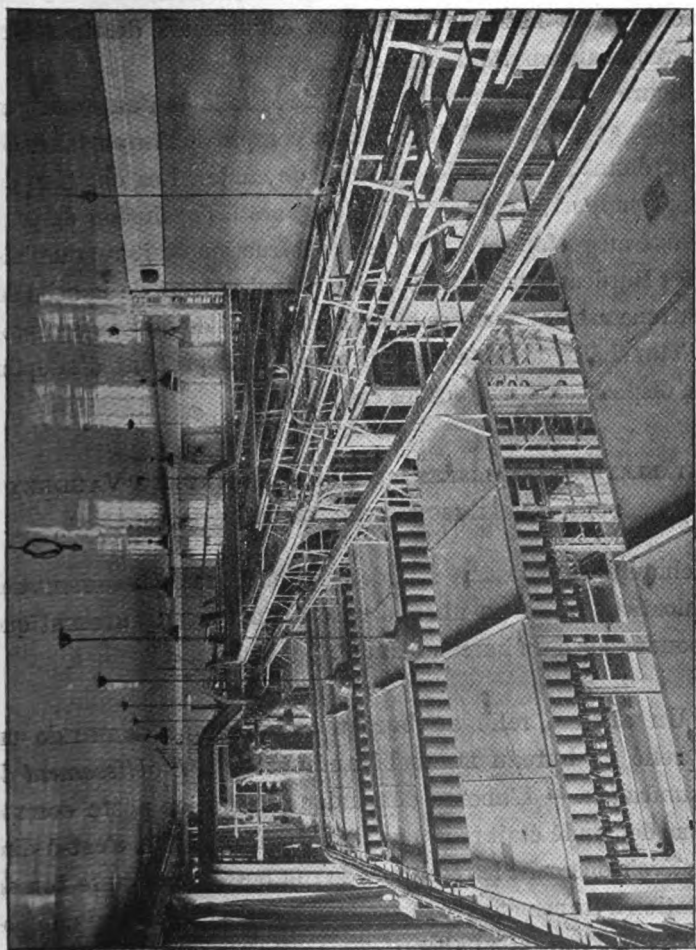


Fig. 15. — Vue des chemins de câble dans la salle de l'automatique à Lyon-Burdeau.
On remarquera l'absence de supports fixés au plafond ; cette disposition a été adoptée pour ne pas compromettre l'étanchéité de la salle.

100 relais d'appel et de coupure, les groupes de relais des chercheurs doubles, les chercheurs primaires. Ces chercheurs sont disposés en deux rangées élémentaires (chacune correspondant à une cinquantaine d'abonnés) pouvant recevoir chacune 14 chercheurs au maximum.

Ainsi qu'il a été dit plus haut, le répartiteur intermédiaire sera supprimé dans les bâtis de chercheurs connecteurs destinés aux futurs bureaux automatiques de Lyon.

La figure 15 est une photographie de la salle de l'automatique de « Burdeau » ; elle permet de se rendre compte de l'importance de la salle et donne le détail des chemins de câbles. Les chemins de câbles sont supportés par les bâtis d'organes à l'exclusion de tout support fixé au plafond. Ce mode de construction était rendu obligatoire à « Burdeau » par le fait que le plancher haut de la salle de l'automatique est une terrasse et qu'il importait de ne pas compromettre l'étanchéité de cette salle. Il nous paraît prudent d'adopter une telle disposition dans tous les cas.

IV. INSTALLATIONS RÉALISÉES AU BUREAU MANUEL « VAUDREY » POUR LA LIAISON AVEC L'AUTOMATIQUE.

Ce chapitre est consacré à la description de l'établissement des communications entre un abonné relié à un bureau automatique et un abonné relié à un bureau manuel.

A. Un abonné relié au bureau automatique demande un abonné relié au bureau manuel Vaudrey. — 1. *Etablissement de la communication.* — L'abonné demandeur utilise son poste comme si l'abonné demandé était relié à un bureau automatique, c'est-à-dire qu'après avoir décroché le récepteur de son poste et perçu le ton de numérotation il transmet avec son cadran les cinq chiffres qui composent le numéro d'appel de l'abonné demandé.

Après l'envoi du 1^{er} chiffre (indicatif du bureau), l'abonné est connecté, à travers un chercheur double, un premier sélecteur, un C S L et un répétiteur (fig. 7), à une ligne auxiliaire allant au bureau « Vaudrey ». Cette ligne auxiliaire est reliée, au bureau « Vaudrey »,

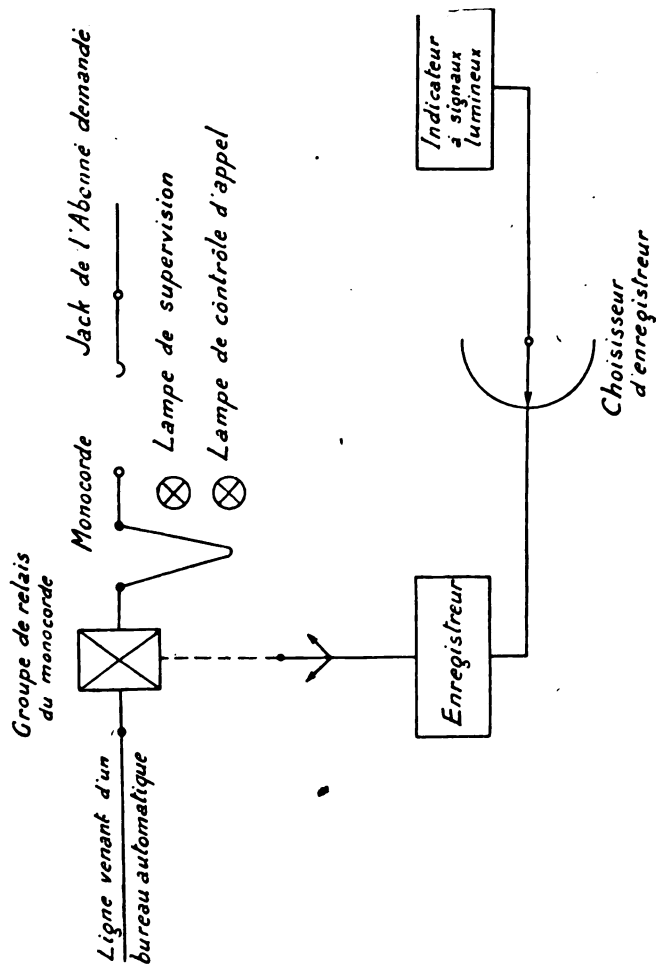


Fig. 16. — Représentation schématique de la liaison automatique vers manuel.

à un monocorde placé sur un groupe d'arrivée (fig. 16). Le groupe de relais du monocorde renvoie l'abonné sur un enregistreur, lequel enregistre les quatre derniers chiffres transmis par le demandeur. Au moment où l'opératrice d'arrivée devient libre, un choisisseur d'enregistreurs connecte l'enregistreur à l'indicateur à signaux lumineux du groupe (fig. 17). Le numéro de l'abonné demandé apparaît en chiffres lumineux en même temps que scintille la lampe de supervision du monocorde sur lequel cet appel est en

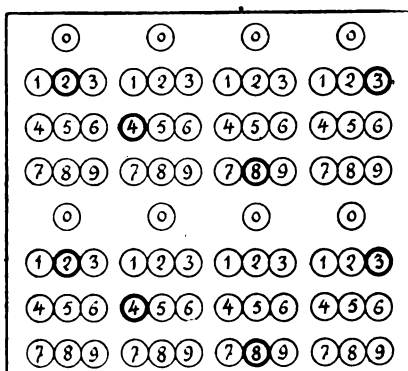


Fig. 17. — Représentation schématique de l'indicateur à signaux lumineux d'un groupe d'arrivée au bureau « Vaudrey ».

L'indicateur comporte deux séries de quatre groupes de dix chiffres. 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, un groupe pour chacun des chiffres qui composent le numéro d'appel. Ces chiffres, disposés comme l'indique la figure, sont perforés dans une plaque de cuivre; sous chaque chiffre on place une lampe; le tout est recouvert d'une plaque de verre translucide. Sur la figure, on a tracé d'un trait plus fort les cercles qui entourent les chiffres composant les numéros d'appel 2483.

instance. L'opératrice complète manuellement la communication comme à l'ordinaire, ce qui provoque l'extinction de la lampe de supervision. L'appel du demandé se produit automatiquement à l'enfoncement de la fiche, et l'enregistreur est libéré. En fin de conversation, le raccrochage du demandeur allume fixement la lampe de supervision du monocorde utilisé, et les organes du bureau automatique sont libérés, à l'exception du répéteur et de la ligne auxiliaire. La libération de ces organes et du demandé ne se produit que lorsque l'opératrice retire le monocorde du jack du demandé.

Dans le cas où le demandé est occupé, le monocorde est enfoncé dans un jack d'occupation.

Dans le cas où un abonné transmet un numéro incomplet, un dispositif à action différée fait apparaître ce numéro au bout d'un temps variable, de 30 à 40 secondes. L'opératrice enfiche le monocorde dans un jack de conversation relié à son P.O. (ce qui libère l'enregistreur utilisé) et, si le demandeur est en ligne, lui fait préciser le numéro demandé et complète la communication.

2. *Description de l'installation.* — Le bureau « Vaudrey » comporte douze groupes d'arrivée des bureaux automatiques ; chacun de ces groupes possède comme équipement propre ;

Sur le groupe même :

33 ou 32 monocordes avec lampe de supervision et lampe de contrôle d'appel ;

1 monocorde de conversation ;

2 indicateurs à signaux lumineux ; une clé permet de passer de l'un à l'autre ;

6 lampes d'occupation des enregistreurs associés au groupe ; ces lampes s'allument dès que les enregistreurs correspondants ont enregistré les quatre chiffres du demandé ; le nombre de lampes d'occupation allumées indique donc le nombre d'appels en instance sur le groupe ;

Sur les bâtis d'organes :

les groupes de relais correspondant aux monocordes ;

6 enregistreurs ;

2 choisisseurs d'enregistreurs avec clé de passage de l'un à l'autre ;

6 lampes d'occupation des enregistreurs ; ces lampes s'allument dès que les enregistreurs correspondants sont pris par les demandeurs ; le nombre de lampes d'occupation allumées indique donc le nombre d'enregistreurs occupés (appels en instance, enregistrement en cours, faux appels).

Les monocordes d'un groupe sont multiplés sur les enregistreurs associés à ce groupe, à raison de 5 monocordes par enregistreur (le 6^e enregistreur est connecté à 8 ou 7 monocordes, selon que le groupe comporte 33 ou 32 monocordes). Dès qu'un monocorde prend son enregistreur, les répétiteurs correspondant aux autres monocordes associés à ce même enregistreur sont marqués occupés au bureau automatique. De même, lorsqu'un groupe n'est pas en

service, sont marqués occupés tous les répéteurs des bureaux automatiques donnant accès aux monocordes de ce groupe.

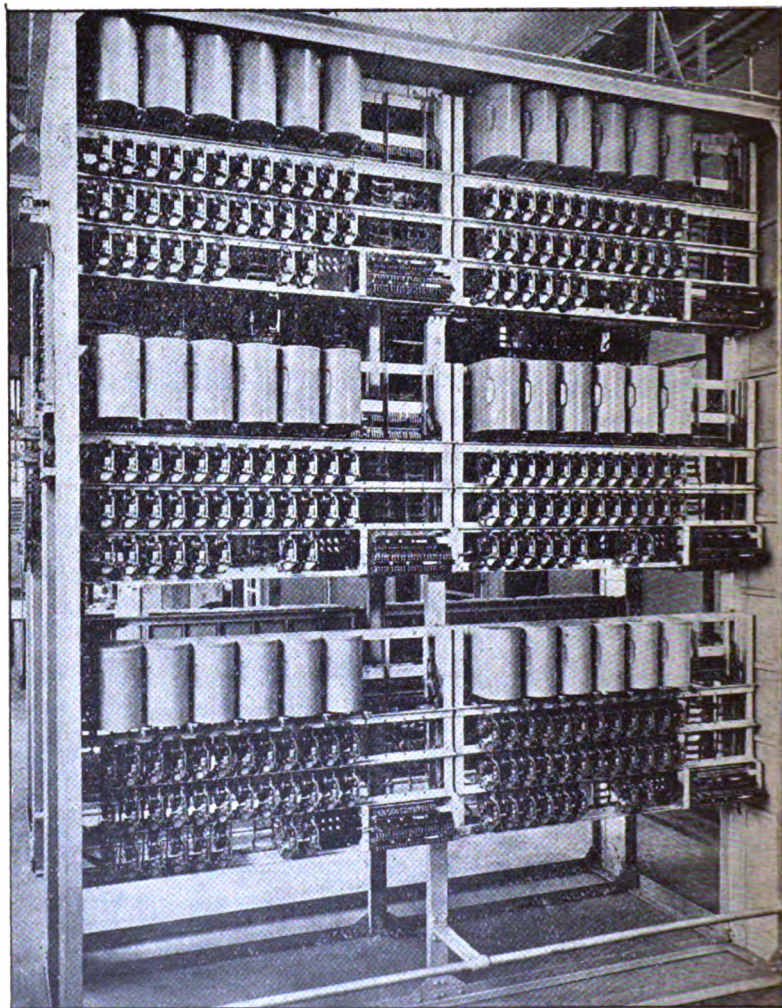


Fig. 18. — Bâti d'enregistreurs.

La face visible correspond aux organes de six groupes d'arrivée.

Un enregistreur comporte :
4 chercheurs du type R 6 (11 directions, 3 frotteurs en croix, 3 bancs),

1 chercheur recevant le chiffre des mille, un 2^e le chiffre des centaines, un 3^e le chiffre des dizaines, le dernier le chiffre des unités ;

1 commutateur de contrôle constitué par un chercheur du type R 6 (11 directions, 3 frotteurs en croix, 3 bancs) ;

1 groupe de relais.

Le choisisseur d'enregistreurs est constitué par un chercheur du type R 6 (11 directions, 2 frotteurs en croix, 2 bancs).

La figure 18 donne une vue d'un bâti d'enregistreurs. Chaque face du bâti peut recevoir les organes correspondant à 6 groupes d'arrivée.

On a représenté schématiquement sur la figure 19 l'élément de bâti correspondant à un groupe. Cet élément est susceptible de recevoir 8 enregistreurs.

B. Un abonné relié au bureau manuel « Vaudrey » demande un abonné relié à un bureau automatique. — 1. *Etablissement de la communication.* — Pour assurer la liaison du manuel à l'automatique, chacun des groupes A du bureau manuel dispose d'un clavier à une seule rangée de 10 boutons, ainsi que de 8 lignes d'appel (avec signaux lumineux d'occupation) de chaque bureau automatique. Pour obtenir un abonné relié à un bureau automatique (« Franklin », par exemple), l'opératrice enfonce la fiche d'appel du dicorde utilisé dans le jack d'une ligne d'appel du bureau « Franklin ». L'opératrice connecte de ce fait la ligne choisie sur un enregistreur envoyeur et sur son clavier et provoque la mise en marche d'un chercheur qui relie la ligne d'appel à une ligne auxiliaire allant au bureau « Franklin » (fig. 20). La lampe de supervision du côté du demandé du dicorde utilisé s'éteint, en même temps que s'allume la lampe de numérotation du clavier. L'opératrice compose le numéro du demandé (le 1^{er} chiffre, correspondant à l'indicatif du bureau, n'est pas transmis) en manœuvrant successivement les boutons correspondant à chacun des chiffres de ce numéro et dans l'ordre où ils se trouvent. Le clavier est libéré dès que l'enregistrement est effectué, si bien que l'opératrice peut donner suite dès ce moment à un nouvel appel.

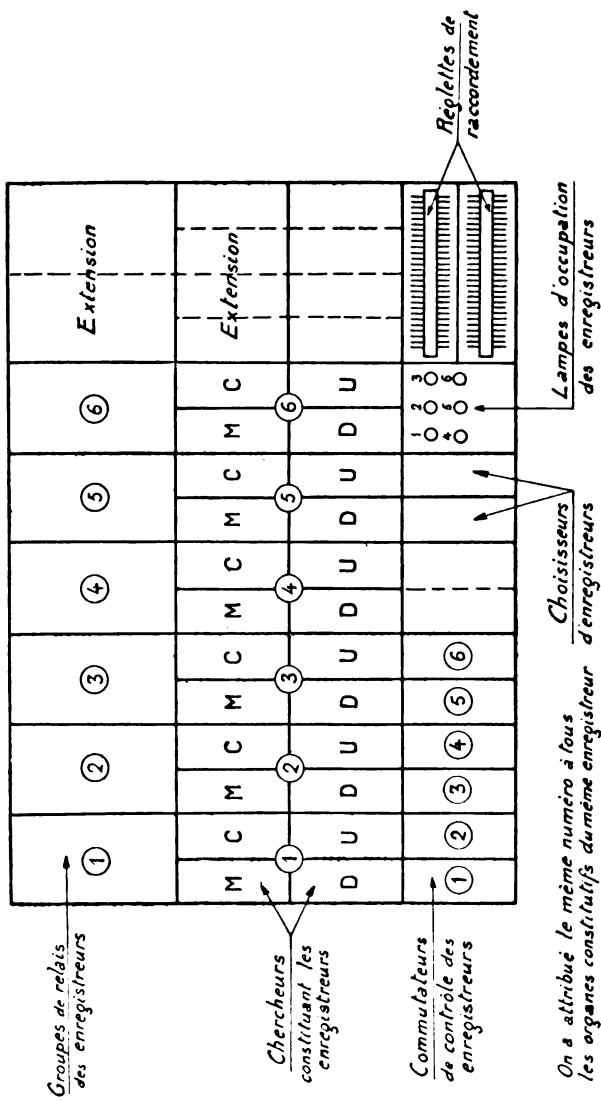


Fig. 19. — Représentation schématique d'un élément de bâtî correspondant à un groupe d'arrivée.

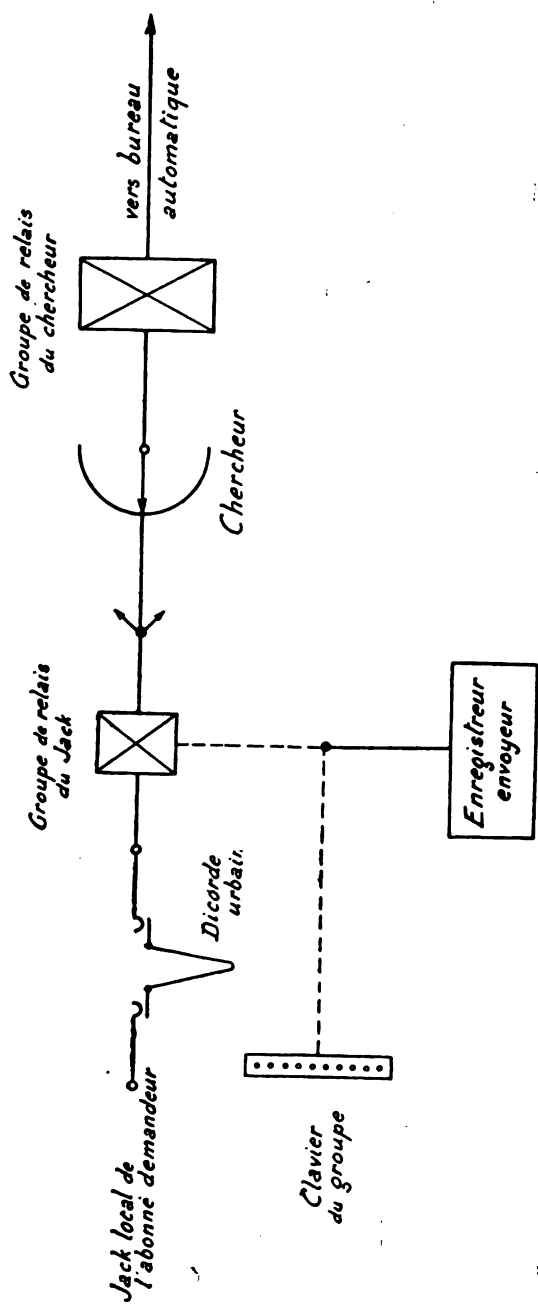


Fig. 20. — Représentation schématique de la liaison manuel vers automatique

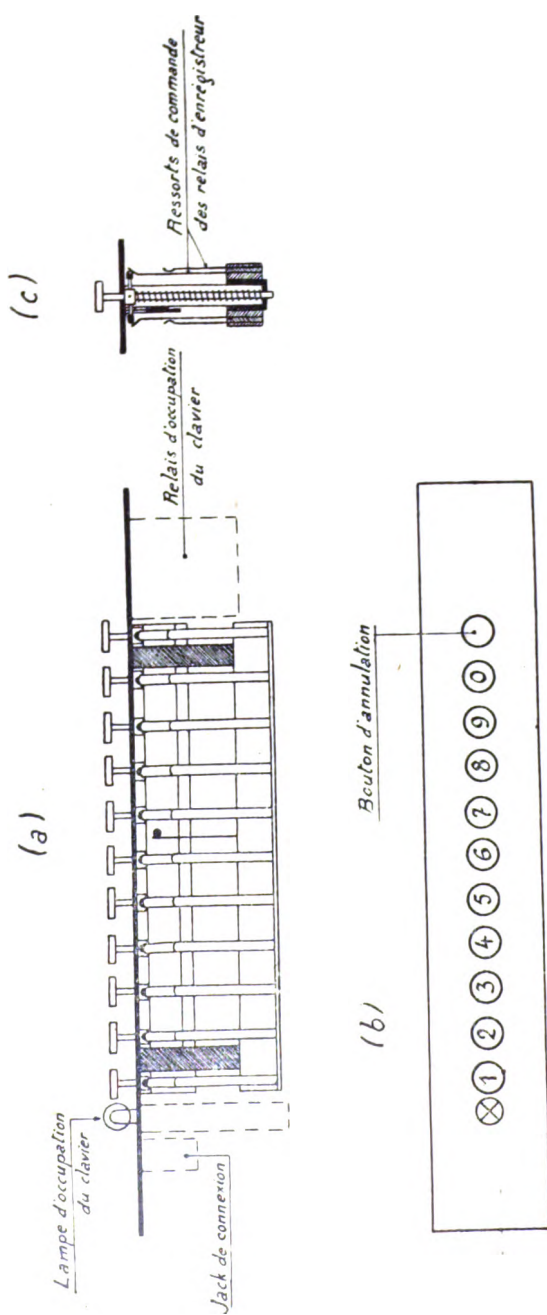


Fig. 21 a, b, c. — Détails du clavier des groupes de départ.

L'enregistreur, fonctionnant en envoyeur, est alors connecté à la ligne auxiliaire allant au bureau « Franklin » et prolongée à ce bureau par un 2^e sélecteur d'arrivée (fig. 7). L'envoyeur transmet les trains d'impulsion correspondant aux quatre chiffres enregistrés et commande les organes automatiques comme le fait un abonné avec son cadran (se reporter à la page 518, paragraphe II, 3). L'enre-

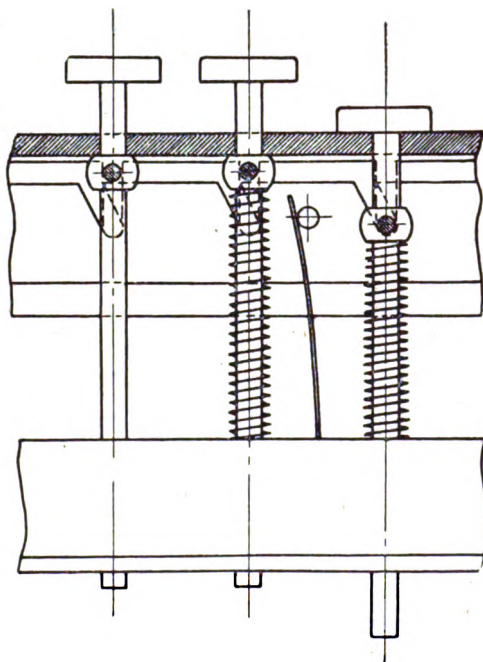


Fig. 21 d. — Détails du clavier des groupes de départ.

gisteur envoyeur est libéré dès la fin de l'envoi des impulsions ; si le demandé est libre, la lampe de supervision s'allume, elle s'éteint au décrochage du demandé. Si le demandé est occupé, le demandeur perçoit le signal d'occupation, en même temps que scintille la lampe de supervision.

En fin de conversation, l'opératrice coupe l'allumage des lampes de supervision, ce qui provoque la libération du demandeur, des appareils au bureau automatique et du demandé.

2. *Le clavier.* — Le clavier (fig. 21-a et 21-b, 21-c) est constitué par une platine supportant :

10 touches avec leurs ressorts de rappel, chacune d'elles correspondant à un des chiffres 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0 ;

1 bouton d'annulation (permettant de recommencer un appel qui aurait donné lieu à une fausse manœuvre) ;

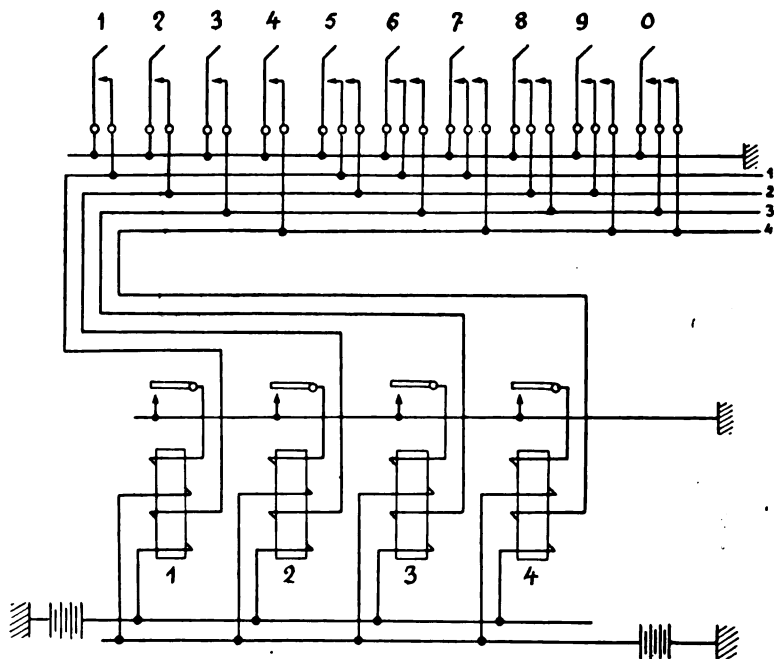


Fig. 22. — Principe de l'enregistrement d'un chiffre.

1 support de lampe (lampe de numérotation) ;

1 relais d'occupation du clavier ;

les jacks mâles assurant, quand le clavier est en place, la continuité du câblage du keyboard et du clavier ;

les ressorts établissant les connexions électriques commandées par les touches ;

1 dispositif de verrouillage (fig. 21 d).

Le dispositif de verrouillage consiste en une réglette portant des encoches inclinées, en nombre égal à celui des touches, les encoches se

trouvant en face des ergots portés par les touches. A l'abaissement d'une touche, sous l'action de l'ergot, la réglette se déplace, décalant les encoches par rapport aux ergots. Une deuxième touche ne peut être abaissée, par le fait que l'ergot bute contre un plein de la réglette. La touche, en remontant, ramène la réglette à sa position de repos ; le ressort de rappel de la réglette rend ce mouvement plus rapide.

3. *Principe de l'enregistrement d'un chiffre* (fig. 22). — L'abaissement d'une touche du clavier met une terre sur un ou plusieurs des quatre fils 1, 2, 3, 4. On réalise alors les combinaisons du tableau suivant :

N° de la touche abaissée.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
N° des fils mis à la terre.	1	2	3	4	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4

Si ces fils sont reliés à des relais 1, 2, 3, 4, certains de ces relais vont fonctionner et se maintenir au collage après relèvement de la touche utilisée. Les chiffres, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0 transmis sont donc caractérisés par une situation bien déterminée du groupe de quatre relais :

Chiffres transmis.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Relais au travail.	1	2	3	4	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4
Relais au repos.	2-3-4	1-3-4	1-2-4	1-2-3	3-4	2-4	2-3	1-4	1-3	1-2

Pour enregistrer les quatre chiffres transmis par l'opératrice, on devra donc disposer de quatre groupes de quatre relais, reliés successivement aux fils 1, 2, 3, 4 du clavier.

4. *Description de l'installation.* — Les lignes d'appel mises à la disposition des opératrices de départ sont multipliées sur un certain nombre de chercheurs à 50 directions, chacun de ces chercheurs est relié à une ligne auxiliaire allant vers un bureau automatique. Les chercheurs desservant le même ensemble de lignes d'appel consti-

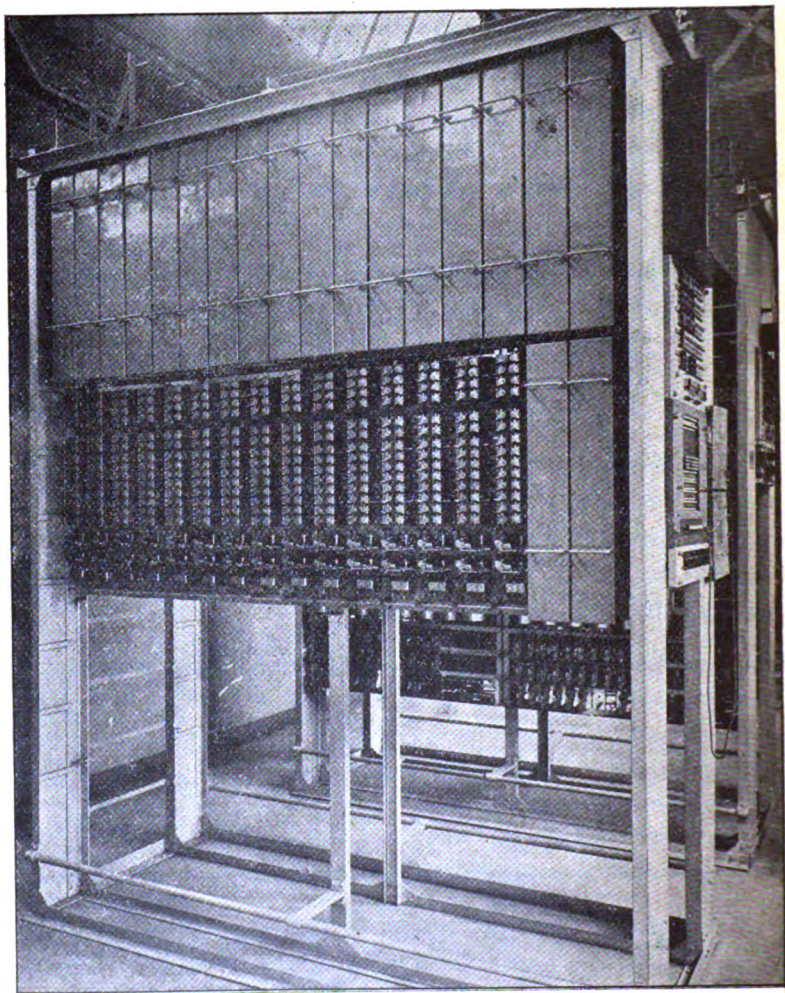


Fig. 23. — Vue d'un bâti d'enregistreurs envoyeurs.

tuent un groupe. L'installation comporte, pour chaque bureau, neuf groupes à 17, 18 ou 19 chercheurs.

Les huit lignes d'appel dont dispose une même position A donnent accès à huit groupes différents. Une opératrice a donc accès, en

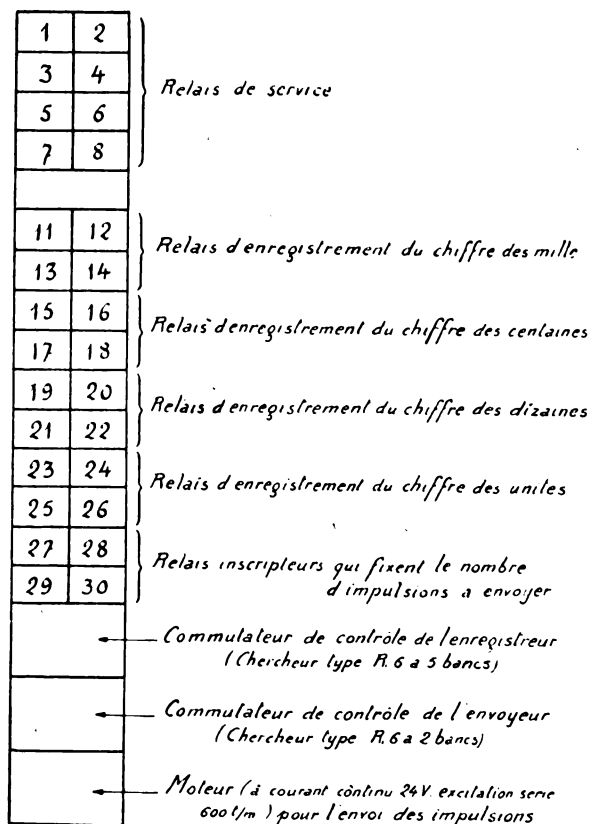


Fig. 24, — Représentation schématique d'un enregistreur envoyeur.

moyenne, à $8 \times 18 = 144$ lignes vers chacun des bureaux automatiques.

De même, ces huit lignes d'appel sont connectées à huit enregistreurs différents (l'installation comprend quinze enregistreurs par bureau).

Une lampe d'occupation associée à chaque ligne d'appel s'al-

lume lorsque, la ligne d'appel n'étant pas prise par la position de départ,

a) tous les chercheurs sur laquelle cette ligne est multipliée sont occupés ;

b) l'enregistreur auquel cette ligne est associée est pris par une autre ligne ; l'enregistreur étant pris un temps très court, cette occupation est momentanée.

La figure 23 donne une vue du bâti des enregistreurs envoyeurs.

La figure 24 donne une représentation schématique d'un enregistreur envoyeur.

SERVICE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES TECHNIQUES.

ESSAIS DES POSTES D'ABONNÉS

à partir du bureau central,

par P. MOCQUARD,
ingénieur des Postes et Télégraphes.

L'équivalent de transmission total d'une liaison téléphonique constitue un des principaux facteurs qui déterminent la qualité de la communication. Cet équivalent dépend de la nature et de la longueur des différentes lignes assurant la liaison, des caractéristiques des organes des bureaux réalisant l'interconnexion de ces lignes, enfin de l'efficacité des postes d'abonnés à partir desquels s'échange la conversation. Laissant de côté les lignes et organes de bureaux, dont la qualité peut être vérifiée au moyen de mesures purement électriques, nous nous occuperons des postes d'abonnés, dont l'efficacité ne peut être appréciée que par des procédés électro-acoustiques.

Les services de vérification de l'administration française procèdent effectivement à un essai téléphonométrique des postes d'abonnés avant leur admission en service ; mais ces postes sont susceptibles de varier avec le temps, en particulier le microphone, qui constitue un organe assez délicat.

Il est donc nécessaire de vérifier périodiquement l'efficacité des postes d'abonnés, surtout des postes à partir desquels s'échangent un grand nombre de communications à grande distance, dont l'équivalent de transmission total est en général voisin de la limite admissible.

Pour les raisons précédentes, plusieurs administrations se sont

préoccupées simultanément de mettre au point des méthodes d'essai des postes d'abonnés.

Après de nombreux essais, la Section de recherches de l'office britannique semble s'être arrêtée à la méthode suivante. L'essai est fait à la voix ; un opérateur se rend chez l'abonné muni d'un récepteur étalon et d'un dispositif de couplage ; au bureau central, la ligne de l'abonné est mise en relation avec un appareil spécial, sorte de voltmètre amplificateur à lampes dont l'entrée est sous le contrôle d'un potentiomètre gradué. On essaye les récepteurs en les faisant fonctionner en transmetteurs ; à cet effet on les associe au dispositif de couplage. L'opérateur qui est chez l'abonné commence par parler devant l'embouchure du dispositif de couplage associé au récepteur étalon ; on repère au bureau central la déviation indiquée par le voltmètre. L'opérateur parle ensuite devant l'embouchure du dispositif de couplage associé au récepteur de l'abonné, et au bureau central on règle le potentiomètre d'entrée de l'appareil de façon à reproduire la même déviation. La lecture du potentiomètre donne l'efficacité du récepteur de l'abonné. Enfin l'opérateur parle directement devant le transmetteur de l'abonné et le réglage du potentiomètre donne comme précédemment son efficacité.

Dans d'autres administrations, on se contente d'effectuer un essai de conversation entre un opérateur se rendant au domicile de l'abonné et un opérateur restant au bureau central, à travers une ligne d'affaiblissement fixe ; les opérateurs doivent évaluer, d'après cet essai, l'efficacité à l'émission et à la réception du poste de l'abonné.

Le Service d'études et de recherches techniques de l'administration française poursuit depuis quelque temps la réalisation d'un appareil analogue à celui qui sert à la mesure des surtensions, qui permettra vraisemblablement une mesure de l'efficacité des postes par lecture directe, comme dans la méthode de l'office britannique.

Il a paru cependant intéressant de mettre au point une méthode simple d'essai téléphonométrique à la voix et à l'oreille, comportant deux essais différents :

1° un essai rapide de conversation, à travers une ligne artificielle ayant un affaiblissement de 3 népers, entre un opérateur placé au bureau central et l'abonné lui-même, essai par lequel on espérait

pouvoir évaluer approximativement l'efficacité à l'émission de l'ensemble ; abonné, poste et ligne d'abonné ; l'intérêt de cet essai est évident, car il fait intervenir l'abonné lui-même, le résultat dépendant du volume de son de sa voix et de la façon dont il utilise son appareil ; d'autre part, cet essai n'exige aucun déplacement et peut par suite être effectué très rapidement ;

2° un essai téléphonométrique complet, effectué par deux opérateurs, dont l'un se rend au domicile de l'abonné muni d'un poste étalonné ; cet essai permet de mesurer aussi bien l'efficacité à l'émission que l'efficacité à la réception du poste d'abonné.

Nous allons examiner successivement le mode opératoire utilisé dans ces deux sortes d'essais et les résultats auxquels ils ont conduit.

I. ESSAI RAPIDE.

1. Mode opératoire. — Les premiers essais effectués en pratique ont montré qu'il était impossible de demander à l'opérateur

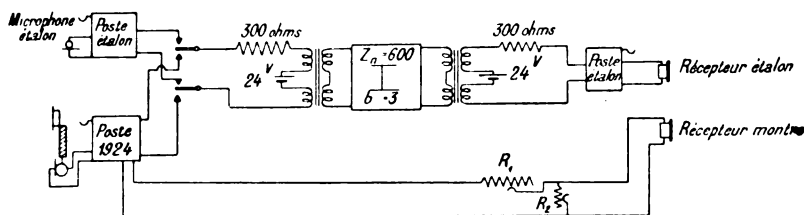


Fig. 1.

qui entre en conversation avec l'abonné à travers la ligne artificielle d'évaluer, même de façon approchée, le volume de son qu'il reçoit ; il doit, en effet, apporter son attention à entretenir la conversation avec l'abonné, alors que toute appréciation de volume de son ne peut se faire qu'en faisant abstraction du sens des paroles entendues ; on a donc été amené à employer deux opérateurs.

D'autre part, on a constaté qu'une évaluation, même approximative, du volume de son reçu n'est possible qu'à la condition que l'opérateur qui fait cette évaluation puisse très fréquemment se

référer à une source de son étalon, autant que possible de même nature.

On a songé à utiliser dans ce but l'effet local dans le récepteur supplémentaire du poste administratif 1924. On a d'abord réglé, suivant le schéma de la figure 1, le volume de son entendu par effet local dans ce récepteur-montre de façon qu'il fût égal à celui qu'on entend dans le récepteur d'un poste étalon relié suivant le schéma

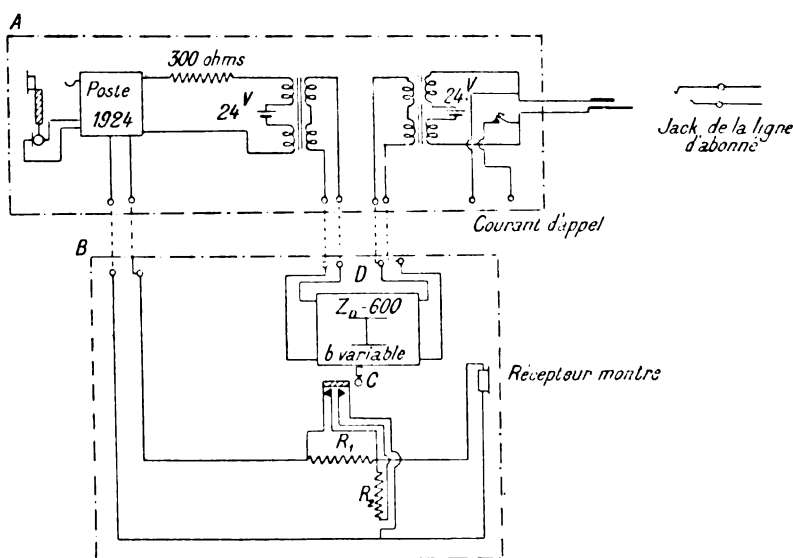


Fig. 2.

du circuit standard à une ligne artificielle ayant une impédance caractéristique de 600 ohms et un affaiblissement de 3 népers, quand on parle, à l'autre extrémité, dans le microphone d'un poste étalon relié à la ligne artificielle selon le même schéma. Le volume de son perçu par effet local est en général bien supérieur au volume de son reçu dans le récepteur étalon ; on l'amène à l'égalité en réglant les deux résistances R_1 et R_2 ; R_1 est de l'ordre de 2000 ohms et R_2 de l'ordre de 200 ohms.

L'essai est alors conduit de la façon suivante. Un premier opérateur muni du dispositif A (fig. 2) prend l'abonné dans le multiplage général et entre en conversation avec lui. Un second opérateur,

muni du dispositif B et placé autant que possible dans un endroit silencieux, écoute dans le récepteur supplémentaire. La clé C étant abaissée quand le premier opérateur parle, il reçoit le volume de son étalon ; la clé étant relevée quand l'abonné parle, il l'entend à travers la ligne artificielle D. Il lui sera possible d'effectuer un réglage rapide sur la ligne artificielle D de façon à amener approximativement ces deux volumes de son à l'égalité. Si l'équivalent de transmission du récepteur montre est de n népers (équivalent positif si le récepteur est pire que l'étalon) et si le réglage a amené l'affaiblissement de la ligne D à N népers, l'équivalent de transmission à l'émission de l'ensemble constitué par l'abonné, le poste et la ligne d'abonné sera : $3 - n - N$.

2. Essais et résultats. — En accord avec la direction des Services téléphoniques de Paris, des essais ont été effectués suivant cette méthode sur 143 postes d'abonnés de la circonscription de « Ségur », dont quelques-uns étaient d'un type très ancien et en service depuis plusieurs années. D'après ces essais, sur ces 143 postes et lignes, 70 ont un équivalent de transmission négatif ou nul ; 9 ont un équivalent compris entre 0 et 0,5 népers ; 32 ont un équivalent supérieur ou égal à 0,5 et inférieur à 1 ; et 32 ont un équivalent supérieur ou égal à 1.

Comme nous l'avons vu précédemment, l'intérêt de cet essai réside en ce qu'il fait intervenir l'abonné lui-même et en ce qu'il peut être effectué très rapidement ; pratiquement, une équipe de deux opérateurs peut ainsi essayer au moins cent postes par jour.

Toutefois, cet essai est incomplet. D'abord, comme toutes les méthodes où aucun opérateur ne se rend chez l'abonné, il ne donne aucune indication sur l'efficacité du poste à la réception ; on est obligé, sur ce point, de se fier aux déclarations de l'abonné lui-même.

D'autre part, si l'on trouve par cet essai que l'ensemble constitué par l'abonné, le poste et la ligne a un équivalent de transmission trop élevé, cela peut tenir à plusieurs causes :

Cela peut être dû à la longueur de la ligne d'abonné, qui intervient par son affaiblissement propre et par la réduction du courant d'alimentation. Connaissant la constitution de la ligne, on peut re-

connaître si l'équivalent trouvé est anormal, à l'aide des courbes donnant l'équivalent de transmission d'un poste d'abonné au bout de lignes de différentes natures en fonction de la résistance de ces lignes.

Une seconde cause peut être le mauvais état de la ligne d'abonné; les mesures ordinaires permettent de se rendre compte immédiatement s'il existe un dérangement sur cette ligne.

Restent enfin le poste téléphonique et l'abonné lui-même, qui peut avoir une voix de faible intensité ou mal utiliser son appareil. Pour savoir si le poste d'abonné est de mauvaise qualité et s'il y a lieu de le changer, on est donc obligé d'envoyer un opérateur chez l'abonné et de procéder à un essai complet.

II. ESSAI COMPLET.

1. Mode opératoire. — Le principe de la méthode d'essai est de substituer chez l'abonné, au moyen d'un dispositif de commutation, un poste étalon au poste à essayer, ainsi que l'indique la figure 3.

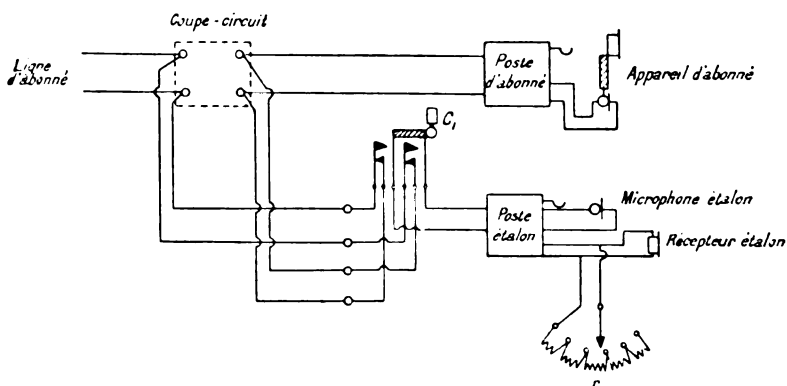


Fig. 3.

Pour la mesure de l'efficacité du poste à la réception, il est commode de se servir d'un shunt sur le récepteur du poste étalon. Ce shunt a été étalonné avec le poste et le récepteur étalon devant servir aux essais suivant la méthode indiquée par la figure 4. On a déterminé ainsi les valeurs du shunt r correspondant à des valeurs d'affai-

blissement introduites sur la ligne artificielle E de : 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1, 1,5 et 2 népers.

Dispositif de commutation. — Ce dispositif a été installé dans une boîte où se loge pour le transport le poste étalon ; le schéma

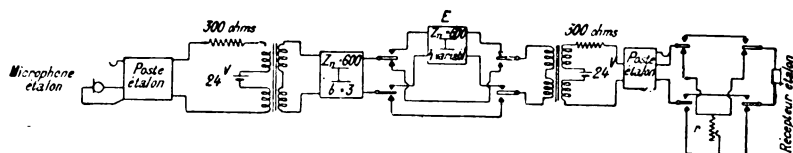


Fig. 4.

en est donné sur la figure 5 et il est représenté sur la figure 7. Il se compose :

a) d'un long cordon à quatre conducteurs K se terminant à une

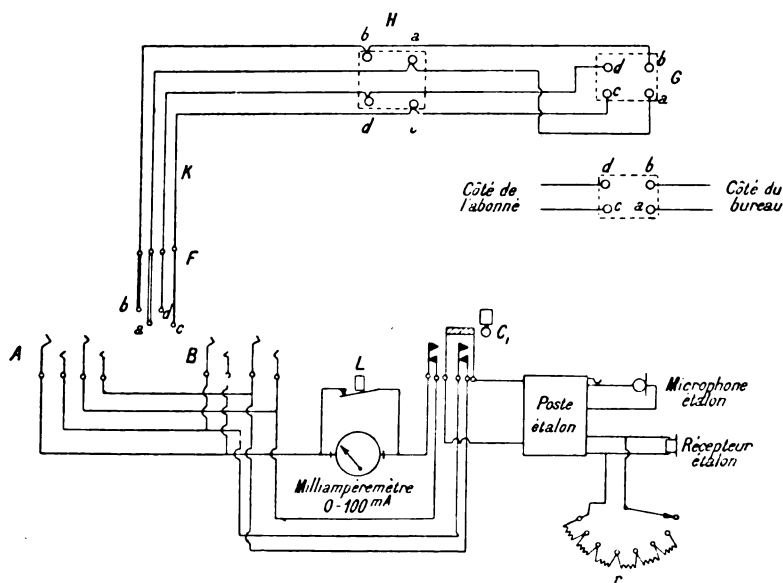


Fig. 5.

extrémité par une double fiche F et de l'autre par une pièce en ébonite G pouvant remplacer le bouchon du coupe-circuit de l'installation d'abonné ; pour le cas où ce coupe-circuit serait inaccessible,

on a prévu une pièce H présentant quatre bornes qui permettent d'effectuer facilement les connexions nécessaires à la réglette de raccordement ou à la rosace ;

b) de deux jacks doubles A et B situés sur le côté gauche de la

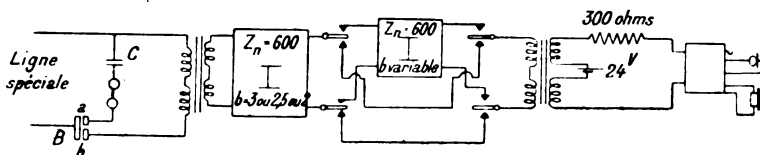


Fig. 6.

platine de l'appareil, et qui permettent d'inverser facilement le sens des connexions ;

c) d'un milliampèremètre (0 à 100^{mA}), mis en service en actionnant le bouton L ; ce milliampèremètre permet de mesurer l'intensité du courant d'alimentation du poste de l'abonné et de celui du poste

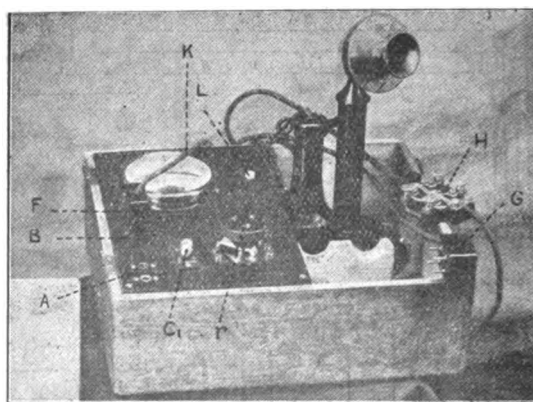


Fig. 7.

étalon ; on enfonce la fiche F dans celui des deux jacks doubles A et B qui correspond à une déviation dans le sens convenable de l'aiguille du milliampèremètre ;

d) d'une clé de commutation C_1 permettant de mettre sur la ligne alternativement le poste à essayer et le poste étalon sans produire de rupture de la ligne ;

e) enfin du shunt r qui sert, comme nous l'avons vu, à la mesure de l'efficacité du poste à la réception.

Une fois ce dispositif mis en place chez l'abonné, l'opérateur demandait un numéro de « Ségur » correspondant à une ligne spéciale, sans jack local, aboutissant au laboratoire de téléphonométrie et terminée ainsi qu'il est indiqué sur la figure 6. La fiche du commutateur bavarois B étant en a, position d'attente, l'appel actionne la sonnerie S ; le second opérateur répond en faisant passer la fiche du bavarois de a en b, ce qui a pour effet de boucler la ligne. Les deux opérateurs sont alors en communication et commencent la mesure de l'efficacité du poste à l'émission en manœuvrant simultanément leurs commutateurs.

Pour mesurer l'efficacité à la réception, l'opérateur de la téléphonométrie parle devant son poste, et l'opérateur qui est chez l'abonné, en manœuvrant le commutateur C₁, règle le shunt r de façon à obtenir approximativement le même volume de son dans le récepteur du poste à essayer et dans le récepteur du poste étalon.

2. Essais et résultats. — 49 postes d'abonnés, soumis au préalable à l'essai rapide, ont été ainsi essayés. Parmi ces postes, 22 avaient été trouvés meilleurs à l'essai rapide. Sur ces 22 postes, 19 ont aussi été trouvés meilleurs ou sensiblement équivalents à l'étalon, à l'essai complet ; 1 a été trouvé pire de 0,7, et 2 pires de 1 néper ; mais il faut remarquer que, pour ces deux derniers postes, le courant d'alimentation du poste étalon était supérieur à 100 milliampères, alors que dans le circuit standard il est seulement de 55 milliampères ; il s'agit donc de lignes courtes, et il n'est pas surprenant que le premier essai donne un résultat meilleur que le second.

Sur les 27 postes trouvés plus mauvais que l'étalon à l'essai rapide, 7 seulement ont été trouvés d'efficacité supérieure ou équivalente à l'étalon.

Pour 14 de ces postes, la différence en valeur absolue entre la première et la seconde évaluation est inférieure à 0,3 népers, et pour 10 des 13 autres postes le second essai donne un résultat

meilleur que le premier, ce qui semblerait prouver que ces abonnés utilisent leurs postes dans de mauvaises conditions.

L'intérêt de cet essai complet réside aussi en ce qu'il permet de faire l'essai à la réception, qui semble loin d'être inutile ; en effet, sur les 49 postes essayés, 10 seulement ont une efficacité à la réception supérieure ou équivalente à l'étalon (équivalent de transmission négatif ou nul) ; 17 ont un équivalent compris entre 0 et 0,5 néper ; 6 ont un équivalent supérieur ou égal à 0,5 et inférieur à 1 néper ; 16 ont un équivalent supérieur ou égal à 1 néper et sont par suite très mauvais, bien que ces abonnés, consultés lors de l'essai rapide, ne se soient pas particulièrement plaints de la mauvaise qualité de l'audition.

III. CONCLUSION.

Les deux méthodes d'essais que nous venons d'exposer, qui n'ont d'ailleurs pas la prétention d'être de véritables méthodes de mesures mais plutôt des procédés d'évaluation de la qualité des appareils d'abonnés, sont, croyons-nous, susceptibles d'être appliquées telles quelles. La direction des Services téléphoniques de Paris envisage d'ailleurs l'application de la méthode d'essai rapide ; il ne faut pas se dissimuler toutefois que la mise en œuvre de cette méthode, telle que nous l'avons indiquée, présente quelques difficultés du fait de la différence de timbre possible entre les deux volumes de voix qu'il s'agit de comparer et exige de ce fait un opérateur exercé.

L'appareil à lecture directe, actuellement à l'étude, simplifiera beaucoup cet essai ; il pourra être utilisé au cours de l'essai rapide et au cours de l'essai complet à l'émission. En ce qui concerne l'essai à la réception, il semble préférable de s'en tenir à une comparaison auditive chez l'abonné, qui peut être faite très rapidement et ne présente aucune difficulté.

LES COMMUNICATIONS TÉLÉPHONIQUES

ET TÉLÉGRAPHIQUES DE GENÈVE

pendant les assemblées de la Société des nations,

par A. FERRIER, Berne. (1)

Dès que les milieux diplomatiques eurent acquis la certitude que le siège de la Société des nations, dont les bases venaient d'être jetées par le président Wilson, serait à Genève, le problème des moyens de communication dont cette ville devrait être dotée suscita immédiatement un intérêt considérable.

De tous ces moyens, la télégraphie et la téléphonie étaient de beaucoup les plus importants.

A ce moment-là, c'est-à-dire au début de 1920, les services télégraphiques et téléphoniques de Genève ne disposaient que de douze lignes télégraphiques de quelque importance, dont quatre assuraient un échange direct de télégrammes avec l'étranger, et d'environ quarante circuits téléphoniques avec des localités suisses situées au delà du canton de Genève et dix circuits internationaux, dont les deux plus longs aboutissaient à Lyon (fig. 1).

Si l'exploitation de ces circuits rendait normales les conditions d'échange de communications télégraphiques, l'écoulement du trafic téléphonique, par contre, se heurtait déjà à des difficultés dues au développement rapide de la téléphonie et à l'insuffisance du nombre de circuits disponibles, principalement avec les grands centres suisses de Bâle et de Zurich.

Dans les relations internationales, la situation était encore plus malaisée. La reprise des affaires, au lendemain de la guerre, rétablit en quelques mois le trafic d'avant 1914, et, à la suite du

1. Article paru dans le *Bulletin technique* publié par l'administration des télégraphes et des téléphones suisses, 1^{er} décembre 1928.

développement insoupçonné qu'il prit depuis 1920, la limite de charge des circuits qui reliaient à l'étranger la Suisse, et Genève en particulier, fut bientôt atteinte.

Telle était la situation quand échet à Genève la lourde tâche de mettre à la disposition des nombreuses personnalités attendues, cela dans l'espace de quelques mois, des moyens de communications

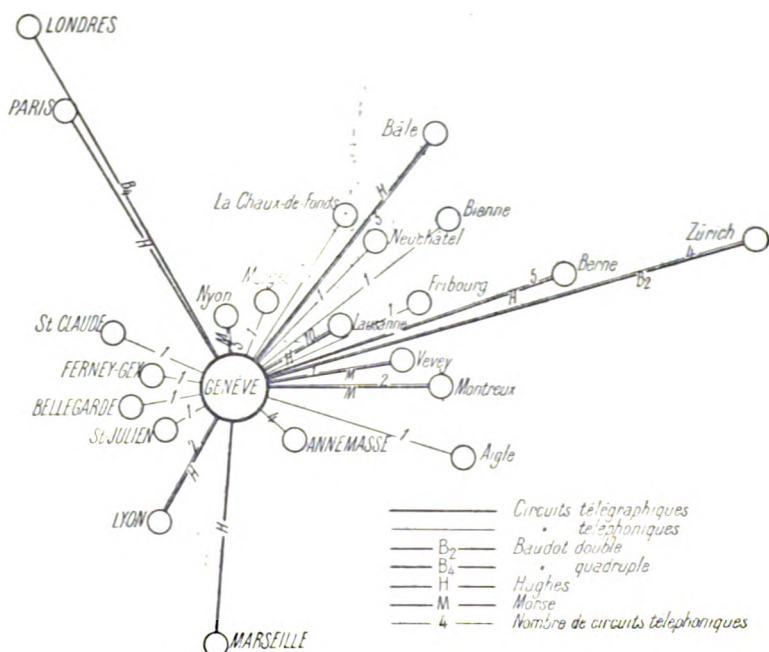


Fig. 1. — Etat des communications de l'office télégraphique et téléphonique de Genève en janvier 1920.

télégraphiques et téléphoniques rapides et sûrs avec le plus grand nombre possible de métropoles étrangères.

L'administration des télégraphes et des téléphones se vit donc contrainte de prendre immédiatement des mesures pour faire face à une situation qui ne pouvait manquer d'être difficile, en raison des conditions précaires dans lesquelles Genève se trouvait en matière de relations avec l'étranger.

Une des toutes premières démarches de l'administration suisse

fut celle qu'elle entreprit auprès de l'administration belge pour se renseigner sur les mesures prises à l'occasion de la conférence de Spa, qui avait réuni, en juillet 1920, les délégués des anciens Etats belligérants pour discuter de différentes questions économiques et poser les bases d'un accord financier relatif aux réparations. Puis, par de multiples démarches faites auprès de différentes administrations européennes, la direction générale des Télégraphes et des Téléphones s'efforça de doter Genève d'un nombre suffisant de circuits tant télégraphiques que téléphoniques et d'étendre leur rayon d'action à l'effet de créer de nouvelles relations avec les principales capitales de l'Europe.

Mais le peu de temps dont disposaient les différents services de l'administration suisse appelés à participer à la réalisation du but envisagé ne leur permit de prendre que des mesures provisoires.

Pour les échanges des communications téléphoniques avec Paris, on créa deux liaisons directes au moyen des circuits Genève—Lausanne et Genève—Lyon d'une part, et des circuits déjà fortement chargés Lausanne—Paris et Lyon—Paris d'autre part. D'autres circuits purent encore être mis à disposition, mais temporairement, avec la capitale française par St-Claude—Lons-le-Saunier, par Neuchâtel—Besançon et par Bâle—Belfort.

Pour faciliter les relations téléphoniques avec l'Allemagne et l'Italie, il fut convenu de sectionner à Montreux, où cette opération pouvait être le mieux effectuée, le circuit international Berlin—Milan, et de prolonger jusqu'à Genève ces deux sections de ligne, ce qui permit de relier directement le siège de la Société des nations à Berlin et à Milan.

Des essais d'audition qui eurent lieu entre Genève et Bruxelles démontrèrent que l'échange de conversations téléphoniques était possible entre ces deux villes.

Par contre, le résultat négatif d'essais semblables entrepris avec Prague par plusieurs voies ne permit pas d'ouvrir des relations avec la Tchécoslovaquie. Enfin, grâce à l'accélération des travaux de pose du câble à 40 paires de conducteurs qui devait relier Genève à Lausanne et dont la construction avait été décidée en vue d'améliorer les relations téléphoniques avec Lausanne et les localités

riveraines du lac Léman, il fut possible, dès le 4 novembre, de faciliter sensiblement les échanges de communications non seulement avec Lausanne mais encore avec Bâle, Berne, Zurich et d'autres centres suisses importants.

Les lignes affectées à l'exploitation télégraphique internationale furent munies d'appareils à grand rendement (baudot sextuple).

Des communications provisoires furent également créées pour relier la centrale télégraphique de Genève avec des localités importantes. C'est ainsi que furent établies, en plus des liaisons directes existant avec Paris, Londres, Lyon et Marseille, de nouvelles communications avec Bruxelles, le Havre, Bordeaux, Milan, Prague et Stuttgart.

Dans le service intérieur également, de nouvelles communications furent établies, en particulier avec Bâle et Zurich, lesquelles étaient exploitées par des appareils à transmission rapide Siemens et Halske, qui permirent d'écouler rapidement, par Bâle, Zurich et même par Berne, les télégrammes à destination du nord et de l'est de l'Europe.

Il fut aussi question d'agencer des installations radiotélégraphiques ; mais, comme il n'était plus possible à l'administration suisse, dans le court laps de temps qui restait encore jusqu'à l'ouverture de l'assemblée, de construire une station émettrice, on se borna à installer quelques postes récepteurs dans une salle de l'école de St-Jean. Ces postes rendirent d'excellents services, en permettant de recevoir des communications de presse provenant des grandes stations européennes et qui, une fois multipliées, purent être remises aux diverses délégations. D'entente avec l'administration française, on put cependant transmettre à certaines heures, par voie radiotélégraphique, des télégrammes de presse à destination de l'Amérique du nord par l'intermédiaire de la station de la Doua près de Lyon reliée par fil avec Genève ; de même, pour l'échange de télégrammes avec l'Amérique du sud et le Japon, on eut recours à la station de la Croix d'Hins près de Bordeaux, également reliée par fil avec le bureau des télégraphes de Genève.

Enfin, au dernier moment, la Marconi's Wireless Telegraph Co de Londres offrit d'installer à Genève une station radiotélégra-

phique d'une portée de 1100 kilomètres. Cette offre, qui fut immédiatement agréée, permit de mettre en action un moyen de communication rapide pour l'échange des télégrammes destinés principalement à Londres. La station émettrice fut installée à Arare près de Genève et put être mise en service le jour même de l'ouverture de l'assemblée de la Société des nations. Un bureau d'exploitation fut installé par la Société Marconi à l'hôtel Victoria, sis immédiatement à côté de la salle de la Réformation, lieu de réunion de l'assemblée.

A part les problèmes consistant à doter Genève d'un nombre suffisant de communications, se posait celui de créer des bureaux de consignation spécialement affectés aux membres des délégations et aux représentants de la presse. Pour satisfaire aux exigences, de semblables bureaux furent créés à la salle de la Réformation, à l'hôtel des Délégations et au siège du secrétariat de la Société des nations. Il fut en outre installé 16 cabines téléphoniques à l'intérieur de la salle de la Réformation et plus de 500 stations téléphoniques pour les différents services de la Société des nations et les diverses délégations présentes à Genève.

On fit encore appel à plus de 50 agents télégraphistes et 20 dames téléphonistes pour assurer la marche normale de tous les services.

D'autre part, et après de nombreuses et longues démarches, on accorda d'importantes facilités pour l'échange des communications d'Etat et de presse.

Quoique le temps pressât, tout fut prêt pour le 15 novembre, date de l'ouverture de l'assemblée. Le programme que s'était imposé l'administration fédérale se trouvait être intégralement réalisé. Le conseil d'État de Genève, qui avait suivi avec un intérêt très légitime l'exécution de toutes ces mesures, ainsi que le directeur du service de la Société des nations chargé de l'organisation de la première assemblée, se déclarèrent entièrement satisfaits du travail et de l'effort accomplis.

Dès les premiers jours de l'assemblée, les mesures prises se montrèrent bien suffisantes. Elles le furent aussi pendant toute la durée des délibérations, qui prirent fin le 18 décembre.



Sur la base des expériences faites en 1920, il fut aisé, les années qui suivirent, de constituer les circuits nécessaires et de prendre les mesures qui s'imposaient.

Cependant, comme les congrès et conférences internationales de tout genre se multipliaient à Genève, un des premiers soins des délégués suisses ayant contribué à l'élaboration des programmes des travaux établis par le Comité consultatif des communications téléphoniques à grande distance et tendant à la constitution d'un vaste réseau téléphonique européen, fut de proposer un nombre suffisant de circuits devant relier en permanence Genève avec les principales capitales européennes. C'est ainsi qu'on envisagea l'établissement de circuits directs entre Genève et Paris, Genève et Berlin, Genève et Londres, Genève et Vienne, Genève et Prague, Genève et Rome, etc.

Une première partie de ces programmes se trouvait réalisée par la mise en service, en janvier 1926, de trois circuits entre Genève et Paris par le col de la Faucille et Dijon, nombre qui fut porté à six quand l'administration française fut en mesure de livrer à l'exploitation son câble souterrain de Paris à Bâle.

En 1926, le trafic téléphonique ordinaire avec l'Allemagne s'était à tel point développé, qu'il fut nécessaire de créer un circuit entre Genève et Francfort. s.M. Il fut suivi de près par le circuit Genève—Berlin. A la suite d'ententes conclues avec l'administration allemande, il fut dès lors possible de dédoubler ces circuits chaque fois que les besoins s'en faisaient sentir. A certaines occasions et spécialement lors de l'admission de l'Allemagne dans la Société des nations, on put même établir deux communications avec Francfort s.M. et quatre avec Berlin.

Des communications plus rapides avec la capitale anglaise étaient toujours ardemment désirées ; aussi fut-ce avec une satisfaction manifeste que fut accueillie la mise en service d'un circuit direct entre Genève et Londres au début du mois de mai 1927, à l'occasion de la conférence économique internationale.

L'ouverture de liaisons directes, en 1926, entre Bâle d'une part

et Bruxelles et Amsterdam d'autre part, ainsi qu'entre Zurich et Amsterdam contribuèrent à améliorer, au double point de vue de l'audition et de la célérité dans l'établissement des communications, l'échange des conversations téléphoniques avec la Belgique et les Pays-Bas.

Le circuit prévu entre Genève et Prague ne put être réalisé, vu l'insuffisance du trafic ordinaire entre Genève et la Tchécoslovaquie, lequel, même en temps d'affluence de demandes de communications, s'écoule sans difficultés par Zurich.

Lorsque le câble austro-suisse, qui relie Zurich à Vienne, fut en exploitation, on put mettre en service, entre Genève et Vienne, un circuit qui, depuis lors, a amélioré de façon sensible les échanges de communications téléphoniques non seulement avec l'Autriche mais encore avec la Hongrie, et permit en outre d'ouvrir des relations avec Belgrade.

Enfin, cherchant à faire bénéficier en tout premier lieu le siège de la Société des nations des avantages des derniers progrès réalisés dans le domaine de la téléphonie à grande distance, l'administration suisse s'efforça de créer de nouvelles relations en faveur de Genève, en faisant participer le central de cette ville à de multiples essais d'audition avec des localités de pays avec lesquels il n'était pas encore possible de correspondre par téléphone. C'est ainsi que, depuis plusieurs années, il est possible de converser depuis Genève avec la Suède et la Norvège, avec le Danemark, la Hongrie et, depuis quelques mois, avec l'Espagne et le Portugal, ainsi qu'avec Varsovie et Belgrade et enfin, depuis le mois de juillet dernier, avec l'Amérique du nord.

D'autres relations, avec la Finlande et les Etats Baltes, sont en voie de réalisations, et, sitôt que les possibilités le permettront, des communications seront établies avec tous les pays balkaniques.

Dans l'exploitation télégraphique, il n'y eut pas lieu de prendre de mesures spéciales en dehors des époques où se réunissaient les assemblées de la Société des nations. Les difficultés longtemps éprouvées dans le trafic télégraphique avec Londres et au delà ont pratiquement disparu depuis que l'office télégraphique de Genève est doté d'un circuit direct avec la métropole britannique.

Salle de la Réformation - Hôtel Victoria

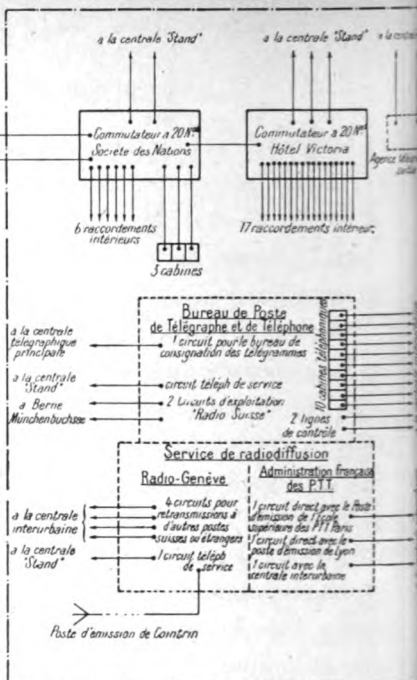
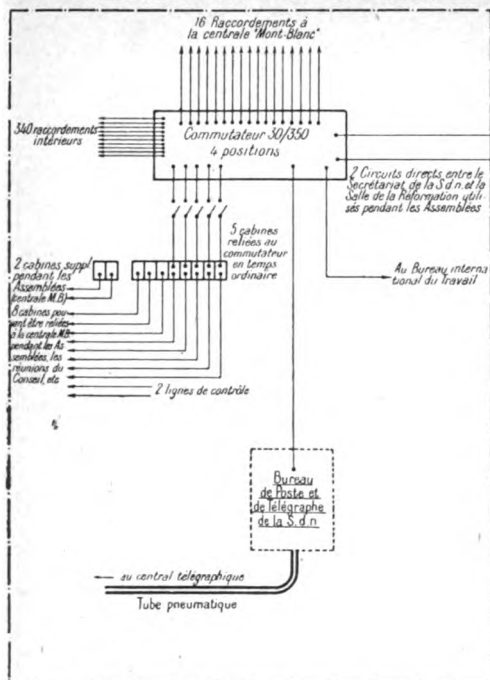


Fig. 2. — Installations télégraphiques et téléphoniques du secrétariat de la Société des nations, de la salle de la Réformation et de l'hôtel Victoria pendant les assemblées de la Société des nations.

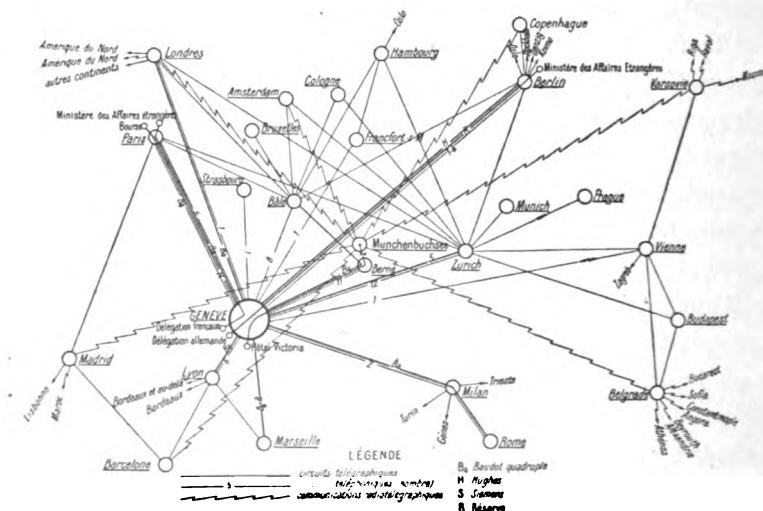


Fig. 3. — Etat des communications télégraphiques, radiotélégraphiques et téléphoniques de Genève pendant la IX^e assemblée de la Société des nations (septembre 1928).

Depuis quelques années et pendant les délibérations de l'assemblée annuelle de la Société des nations, Genève se trouve être reliée également par des fils directs avec Paris, Londres, Berlin, Rome et les stations radiotélégraphiques françaises.

Dès 1921, la société Marconi, aujourd'hui Société « Radio-Suisse », s'installait à Berne et construisait la station de Münchenbuchsee, en l'équipant des installations les plus modernes. Afin de rester en contact direct avec la station émettrice, qui est en relation avec les postes d'Amsterdam, de Barcelone, de Belgrade, de Copenhague, de Londres, de Madrid et de Varsovie, le bureau des télégraphes de Genève fut relié en permanence avec Berne au moyen de deux circuits.

Dans l'intention de faciliter les travaux de la délégation française au conseil de la Société des nations, l'administration suisse adhéra, en 1925, à une proposition tendant à installer à l'hôtel des Bergues un bureau télégraphique directement relié au ministère des Affaires étrangères à Paris.

L'année suivante, une semblable mesure était prise en faveur de la délégation allemande, par la mise à sa disposition des appareils nécessaires et d'un circuit reliant ses bureaux de l'hôtel Métropole. à Genève, avec le ministère des Affaires étrangères à Berlin.

En 1924, un circuit Genève—Paris fut utilisé pour des essais de transmission radiotéléphonique avec la station d'émission de l'École supérieure des P.T.T. à Paris. Les résultats ayant été concluants, des discours prononcés à Genève furent, dès ce moment, radiodiffusés chaque année par de nombreuses stations d'émission, notamment à Paris, à Londres, à Prague, à Berlin, à Hilversum (Pays-Bas), etc..., qui furent toutes, en l'occurrence, reliées par fil à Genève.

Malgré toutes les mesures prises, il n'est évidemment pas possible de tenir rigoureusement compte des fluctuations extrêmes que subit le trafic télégraphique et téléphonique pendant les assemblées de Genève et de mettre à disposition le nombre de circuits destinés à permettre à chaque usager du téléphone d'obtenir sans attente la communication demandée. La complexité qui est à la base de l'installation de circuits à grande distance est un des principaux

obstacles à l'établissement immédiat et rapide de semblables circuits. D'autre part, tous les circuits ne sont pas propres, vu leur constitution, à l'établissement de voies auxiliaires.

Un fait qu'il n'est pas superflu de signaler, c'est que les mesures prises chaque année se sont, en général, révélées suffisantes, et, si parfois des affluences extraordinaires de trafic ont provoqué des retards dans la transmission des télégrammes et l'établissement des communications téléphoniques, les difficultés auxquelles se heurtait la création de voies de secours furent, dans la majorité des cas, imputables à l'encombrement et au nombre insuffisant des circuits au delà de la frontière suisse. Mais ces cas furent généralement rares.

Il est à espérer que la construction, envisagée à Genève, d'une station de télégraphie sans fil à l'usage de la Société des nations, comme aussi l'extension du réseau téléphonique européen qui se poursuit rapidement, viendront résoudre définitivement le problème des communications télégraphiques et téléphoniques de la Société des nations.

BREVETS D'INVENTION.

I. — TÉLÉGRAPHIE.

650.473. Système translateur pour trafic duplex (Siemens et Halske Aktien-Gesellschaft, Allemagne).

33.732. Dispositif d'émission de courants de signalisation sur les réseaux de distribution d'énergie électrique (Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz, France). (1^{re} addition au brevet 626.867.)

II. — TÉLÉPHONIE.

650.396. Dispositif de réglage angulaire des balais des commutateurs rotatifs (Société anonyme des téléphones (système Picart-Lebas), France).

650.400. Contact téléphonique à fiche, notamment pour radio-récepteurs (Antonio Cetti, Danemark).

650.678. Procédé pour la fabrication de noyaux d'électro-aimants pour bobines Pupin (Felten et Guillaume Carlswerk Aktien-Gesellschaft, Allemagne).

650.841. Membrane vibrante pour appareils de téléphonie avec ou sans fil et autres appareils (Jean-François-Pascal Coste, France).

650.854. Téléphone à monnaie pour conversations à taxes de différentes valeurs (Telephon-Apparat-Fabrik E. Zwietusch et C^o, Allemagne).

650.954. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques (Ateliers J. Carpentier, France).

651.228. Montage de dynamo avec batterie, particulièrement pour les bureaux téléphoniques (C. Lorenz Aktiengesellschaft, Allemagne).

651.314. Appareils de raccordement pour la répartition et la distribution des réseaux téléphoniques souterrains et aéro-souterrains (Etienne Auran, France).

651.604. Perfectionnements apportés aux serre-tête pour appareils écouteurs tels que récepteurs téléphoniques et analogues (Douglas Stuart Spens Steuart, Angleterre).

651.628. Système de signalisation sélective avec ou sans contrôle et son application aux lignes téléphoniques (The General Electric Company et Kerman Charles Mannam-Clark, Angleterre).

651.693. Perfectionnements aux appareils émetteurs-récepteurs employant des éléments ayant des propriétés de magnéto-striction (Edward Philip Harrison, Angleterre).

Ces appareils utilisent les propriétés, que possèdent les fils de fer et de certains alliages ferro-magnétiques, de varier de longueur et de diamètre selon les variations d'intensité du champ magnétique dans lequel ils sont placés.

651.694. Téléphone pour table de bureau (Société Neufeldt et Kuhnke, Allemagne).

III. — TRANSMISSION DES IMAGES.

650.497. Dispositif de téléphotographie et de télévision (Guy Baron et Albert Restout, France).

650.658. Perfectionnements aux systèmes pour la transformation d'énergie lumineuse en énergie électrique et inversement (Electrical Research Products, Etats-Unis).

Brevet français correspondant à un brevet américain du 6 avril 1927 et concernant l'emploi d'un correcteur électrique à caractéristique affaiblissement-fréquence déterminée à l'avance, pour compenser la déformation due à ce que les perforations du disque explorateur du poste transmetteur de télévision ont des dimensions linéaires et mettent un certain temps pour traverser par exemple la ligne de séparation d'une tache noire et d'une tache blanche sur l'image à transmettre.

650.661. Perfectionnements aux systèmes de télévision et analogues (Electrical Research Products, Etats-Unis).

Brevet français correspondant à un brevet américain du 6 avril 1927, et concernant l'emploi pour la réception en télévision au profit d'un grand nombre d'observateurs simultanément d'une lampe à décharge lumineuse dans un gaz rare ayant autant de petites électrodes externes que l'image à reproduire comporte d'éléments distincts (points d'image). La décharge éclate successivement au voisinage des diverses électrodes qui sont reliées successivement (dans l'ordre d'exploration de l'image transmise) à la ligne par laquelle arrive le courant photoélectrique engendré au poste transmetteur grâce à un commutateur rotatif ayant un plot distinct pour chaque petite électrode séparée (Expérience effectuée par le Bell System d'Amérique en 1927).

650.668. Perfectionnements aux systèmes de télévision (Electrical Research Products, Etats-Unis).

Brevet français correspondant à un brevet américain du 6 avril 1927 et couvrant le mode d'analyse d'un objet à trois dimensions à transmettre en télévision au moyen d'un mince faisceau lumineux qu'on déplace rapidement sur la surface de l'objet, la lumière réfléchie par les points successivement éclairés étant recueillie par des cellules photoélectriques de grandes dimensions placées en face et autour de l'objet. (Expérience de télévision effectuée par le Bell System aux Etats-Unis en 1927).

650.780. Système de transmission d'images (Western Electric Co Etats-Unis).

Adaptation aux appareils télégraphiques à bandes perforées utilisant le code à cinq signaux d'un transmetteur d'images dans lequel à chaque valeur du courant produit par la cellule photoélectrique correspond un groupe de cinq signaux perforés par un jeu d'électro-aimants sur une bande télégraphique. A la réception, une bande identique passe dans un traducteur alimentant un relais électro-optique qui fournit des impressions photographiques ponctuelles d'intensité correspondant aux diverses valeurs du courant photoélectrique produit au poste transmetteur. Le synchronisme entre l'exploration de l'image transmise et la reconstitution de l'image reçue est assuré par l'espacement régulier des trous d'entraînement sur les bandes perforées.

651.051. Procédé et couplage pour l'amplification des photocourants (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Allemagne).

651.263. Dispositif pour déclencher le couplage des cylindres d'images dans les dispositifs de transmission télégraphique des images (C. Lorenz Aktiengesellschaft, Allemagne).

651.531. Amplificateur électro-mécanique applicable à la télévision ou à tous autres appareils (Léon Thurm, France).

IV. — RADIOCOMMUNICATIONS.

650.079. Perfectionnements aux amplificateurs thermoioniques et à leurs arrangements de circuits (Marconi's Wireless Telegraph Company, Angleterre).

650.081. Générateurs d'ondes très courtes (Marius Latour, Espagne).

650.111. Système mécanique de commande unique et automatique pour postes récepteurs et émetteurs de T.S.F. (Fernand Vitus, France).

650.220. Appareil radio-électrique perfectionné (Léon Forrest Douglass, Etats-Unis).

650.231. Collecteur d'onde à rotule (André-Robert-Maurice Joubert, France).

650.288. Système demultiplicateur à axes concentriques pour la commande de mécanismes de précision (Pierre-Gabriel-Maurice Veyry, France).

650.328. Perfectionnements aux moyens de limiter la valeur maxima des intensités de signaux (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

650.338. Dispositif d'accouplement perfectionné pour circuits électriques (Georges-Edouard-Armand Pohn, Angleterre).

650.360. Perfectionnements aux tubes à décharge électronique et aux moyens de maintenir leurs électrodes en position (Compagnie

française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

650.367. Oscillateur à quartz (C. Lorenz Aktiengesellschaft, Allemagne).

650.470. Perfectionnements aux amplificateurs ou appareils de T.S.F. fonctionnant sur le courant du secteur (Jean Dieux, France).

650.508. Perfectionnements aux cadres récepteurs et autres appareils de radiotéléphonie (Etablissements Cholin Ferry et Paul, France).

650.547. Dispositif de réglage des postes de T.S.F. (Lux-radio, France).

650.577. Perfectionnements aux récepteurs utilisés en T.S.F. (Société Puzenat, Hiblot, Fourrel et C^{ie}, France).

650.588. Systèmes de signalisation radiophonique par ondes courtes (Société Le matériel téléphonique, France).

650.651. Procédé et appareillage pour la suppression des troubles dans les transmissions à haute fréquence (Joseph Plebanski, Pologne).

650.682. Monture élastique de lampe amplificatrice ou détectrice (Aktiebolaget Baltic, Suède).

650.697. Perfectionnements apportés aux antennes de T.S.F. et produits en résultant (Hall électrique moderne, France).

650.707. Haut-parleur-diffuseur (Auguste Lippacher, France).

650.952. Perfectionnements aux collecteurs d'ondes électromagnétiques pour radiogoniomètres (Joseph Bouteille, France).

651.138. Dispositif horaire pour la mise en service ou au repos automatique des postes de T.S.F. ou autres applications (Société Lux-radio, France).

651.315. Système de réception radiophonique en haut-parleur avec détecteurs à cristal (Francesco Casardi et Remo Sarti, Italie).

651.345. Perfectionnements à la construction des tubes à vide (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

651.362. Perfectionnements aux tubes à décharge électronique, particulièrement à la construction et au montage de leurs électrodes (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

651.435. Montage de T.S.F. permettant l'émission et la réception simultanées sur une seule antenne (Gabriel Veyre, France).

651.442. Dispositif indicateur pour la réception des ondes hertziennes (Joseph-Louis Routin, France).

651.527. Dispositif électro-mécanique ne fonctionnant qu'à la réception d'un signal électrique donné, applicable notamment à la

remise à l'heure des horloges par les signaux horaires de T.S.F. (Camille Lipmann, Frédéric Strahm et André Strahm, France).

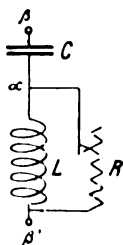
33.714. Perfectionnements aux dispositifs de connexion des lampes à plusieurs électrodes (Société dite : La Radiotechnique, France) (1^{re} addition au brevet 640.864).

33.716. Perfectionnements à l'amplification aperiodique par l'emploi d'une quatrième électrode dans les lampes amplificatrices, (Invention R. Barthélemy) (Société des Etablissements Péricaud, France) (1^{re} addition au brevet 640.509).

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Sur une curieuse propriété des circuits à condensateurs (J. BÉTHENOD, *Industrie électrique*, 10 mars 1929). — Au cours de recherches sur les condensateurs appliqués aux réseaux de distribution, M. A. Soulier, le si sympathique animateur de cette revue, a remarqué, en faisant des expériences avec ses condensateurs de grande capacité, le curieux phénomène suivant :

Entre les bornes β et β' d'un réseau à courant alternatif de pulsation ω se trouve branché un ensemble formé d'un condensateur C et d'une bobine de self-induction L montés en série.



Aux bornes de L, on dispose en dérivation une résistance ohmique variable, R.

D'après les travaux classiques de M. Boucherot, il est bien connu que, si le réseau est à tension constante, et si les pertes dans L et C sont très réduites, il suffit de réaliser la condition de résonance $LC\omega^2 = 1$ pour que l'intensité dans la résistance R demeure constante lorsqu'on fait varier la grandeur de celle-ci depuis zéro jusqu'à une valeur théoriquement infinie.

Or M. Soulier a constaté que, par contre, si la condition.

$$LC\omega^2 = 2 \quad (1)$$

était vérifiée c'était l'intensité I prélevée au réseau qui demeurerait constante, la variation de charge selon l'importance de R n'influençant que le déphasage entre cette intensité et la tension U appliquée entre les bornes β et β' .

Nous nous proposons de démontrer cette propriété très remarquable, qui n'a jamais été signalée jusqu'ici à notre connaissance ; cette démonstration conduit d'ailleurs à une deuxième condition également remarquable, qui correspond à l'intervertissement des situations de C et de L, par rapport à R.

Le plus simple est d'utiliser la méthode symbolique et de chercher l'impédance apparente du système en désignant par Z et X les impédances respectives des branches $\beta\alpha$ et $\alpha\beta'$, que nous supposons tout d'abord de natures absolument quelconques afin de généraliser notre calcul. On obtient tout de suite :

$$\frac{U}{I} = \frac{XR}{X+R} + Z,$$

ou encore :

$$\frac{U}{I} = \frac{R(X+Z) + XZ}{X+R}. \quad (2)$$

Supposons qu'on puisse réaliser la condition.

$$Z = -\frac{X}{2}; \quad (3)$$

on obtient alors :

$$\frac{U}{I} = \frac{X}{2} \cdot \frac{R-X}{R+X}. \quad (4)$$

Or, dans le cas de la figure, les pertes dans le condensateur et dans la bobine de self-induction étant supposées minimales, la condition (3) pour s'écrire ($j = \sqrt{-1}$) :

$$-\frac{1}{C\omega} j = -\frac{L\omega}{2} j,$$

et se confond par suite avec (1).

Mais alors, X étant purement imaginaire, l'égalité (4) équivaut évidemment, en passant aux valeurs efficaces réelles, à :

$$\frac{U}{I} = L\omega, \quad (5)$$

ce qui démontre la proposition.

Bien entendu, le quotient $\frac{U}{I}$ étant ainsi constant, c'est évidemment le déphasage φ entre U et I qui se trouve modifié lorsque R varie. On déduit d'ailleurs aisément de (4) :

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{R^2 - L^2 \omega^2}{2RL\omega}, \quad (6)$$

l'angle φ étant compté positif lorsque I est en retard sur U .

Comme il fallait s'y attendre, le déphasage φ varie ainsi de

$-\frac{\pi}{2}$ à $+\frac{\pi}{2}$ lorsque la résistance R augmente depuis zéro jusqu'à une valeur infinie ; il est nul pour $R = L\omega$.

On remarquera enfin que, si l'on intervertit, sur la figure, les situations du condensateur et de la bobine de self-induction par rapport à la résistance, l'égalité (3) prend la forme :

$$L\omega j = \frac{1}{2C\omega} j,$$

c'est-à-dire :

$$LC\omega^2 = \frac{1}{2}, \quad (7)$$

et d'après (4) on arrive encore à une valeur constante de l'intensité I , quelle que soit la grandeur de la résistance R .

Bien entendu, dans ce cas, le déphasage φ varie de $+\frac{\pi}{2}$ à $-\frac{\pi}{2}$ lorsque cette résistance croît indéfiniment depuis zéro jusqu'à une valeur infinie, suivant la formule :

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{1 - R^2 C^2 \omega^2}{2 R C \omega}. \quad (8)$$

Les formules qui précèdent sont peut-être susceptibles d'applications diverses, sur lesquelles nous garderons le silence pour l'instant. En tout cas, la curieuse expérience relatée ci-dessus nous a paru digne d'attirer l'attention des électriciens.

INFORMATIONS.

Inauguration du monument Eiffel. — Un buste de Gustave Eiffel, dû au sculpteur Bourdelle, a été inauguré au pied du pilier nord de la tour Eiffel le 2 mai dernier. Au cours de cette cérémonie, M. Germain Martin, sous-secrétaire d'Etat aux Postes et Télégraphes, a prononcé le discours suivant :

Messieurs,

Désormais, grâce à l'initiative des admirateurs de Gustave Eiffel, au pied du pilier nord de la tour dont le grand ingénieur fut le génial et audacieux constructeur, s'élèvera un monument d'une simplicité et d'une vérité dignes de l'homme et du savant dont nous commémorons la mémoire. Passants et visiteurs connaîtront ainsi les traits énergiques d'Eiffel, qui mit au service de l'industrie française toutes les qualités ancestrales d'une race alliant la force à l'esprit de recherche et d'invention. Eiffel n'a-t-il pas vu le jour à Dijon, en 1832, dans cette capitale de l'ancienne Bourgogne qui, au cours des siècles, a donné à la France de puissants constructeurs, d'incomparables sculpteurs, des savants capables de trouver de nouvelles méthodes qui ont enrichi le champ des connaissances humaines ?

Eiffel, durant une longue carrière, sera, lui aussi, à la fois un audacieux constructeur, un artiste rénovateur des procédés d'architecture, un savant ingénieux.

A peine sorti de l'Ecole centrale des arts et manufactures, il se livre à des recherches sur la résistance des métaux, sur l'emploi du fer dans des travaux d'une portée jusqu'alors inconnue. Déjà apparaît la maîtrise d'une méthode précise qui demande aux sciences exactes les éléments d'études lentement élaborées, mais ensuite leur accorde une confiance absolue et impose l'exécution complète du plan qui a été imaginé et développé dans le silence de l'atelier.

D'abord, le jeune ingénieur dirige les travaux de lancement d'un

grand pont métallique à Bordeaux, et utilise, pour assujétir les fondations des piles, le procédé alors tout nouveau de l'air comprimé. Cet essai ne laisse aucun doute aux spécialistes de la construction des ponts sur les mérites d'Eiffel, sur sa force de volonté lorsqu'il faut exécuter des projets certes hardis mais rationnellement et minutieusement étudiés. On lui confie successivement la construction des ponts de la Nive à Bayonne, de Capdenac, de Floriac. Chaque œuvre nouvelle permet à l'inventeur d'apporter une amélioration qui satisfait à la fois l'ingénieur, l'artiste et le savant. En 1869, Eiffel substitue de grands caissons triangulaires, en fer, aux colonnes de fonte des piles de pont ; il est préoccupé d'alléger le poids de la matière, de diminuer les surfaces sur lesquelles s'exercera la pression du vent : il livre le passage au redoutable adversaire, qui désormais glissera au travers des entretoises et des croisillons. L'ensemble de l'œuvre offrira des milliers de nervures et sera comparé au réseau de fils d'une dentelle délicate. Le style d'exécution de la tour Eiffel est désormais trouvé.

La technique du lancement des pièces métalliques progresse d'année en année. Les longues poutres droites en treillis seront déplacées à l'aide de leviers, en utilisant des châssis à bascule. L'ingénieur se montrera plus audacieux encore en se livrant au montage, en porte à faux, par cheminement progressif qui permettra de construire le pont à arc parabolique gigantesque, en forme de croissant, dont les extrémités reposent sur les rives opposées d'un cours d'eau qui a creusé des vallées à la fois larges et profondes.

Ainsi l'industrie française triomphe aisément, lors de l'établissement des voies ferrées, soit en France, soit à l'étranger, des difficultés accumulées par la nature. Une simple énumération des ouvrages entrepris par Eiffel est le meilleur témoignage de son activité et de ses remarquables succès : en 1869, il exécute les viaducs de la Sioule et de Neuval ; en 1876, le pont du Douro, à arc parabolique de 160 mètres d'ouverture ; en 1877, le pont de Vianna, de 736 mètres de longueur, supporté par neuf piles.

L'étranger ne cesse de faire appel au savoir et à l'audace d'Eiffel, dont l'activité installe des chantiers en même temps en Hongrie, au Portugal, en Indo-Chine et en France. En 1878, Eiffel édifie le

grand vestibule et la façade de l'exposition universelle, à Paris, et la gare en fer de Buda-Pesth ; en 1880, le pont du Tage ; en 1881, les ponts-routes de Cubzac et de Szegedin en Hongrie ; en 1882, le pont-route des messageries à Saïgon et l'élégant viaduc de Gabarit, dont l'arche parabolique aura 163 mètres d'ouverture. Les années suivantes, le viaduc de Tardes, de Collonges sur la Saône, seront rapidement construits.

L'ingéniosité de l'entrepreneur n'apparaît pas seulement dans la réalisation élégante des longues portées des ponts en ligne droite ou dans le lancement des arches qui, tels des arcs-en-ciel monochromes, dominent les vallées. Elle ne se refuse à aucun problème qu'on lui propose de résoudre. L'armature en fer de la statue de la Liberté, qui se dresse aujourd'hui à l'entrée du port de New-York, sortira des ateliers d'Eiffel. Ses ouvriers martèleront la coupole de 22 mètres de diamètre de l'observatoire de Nice, dont la masse, supérieure en poids à 100.000 kilogrammes, repose sur un flotteur annulaire qui peut être déplacé à la main, sans effort, mouvement dont la facilité surprenante est l'image de l'existence laborieuse et pleine de maîtrise du maître de l'œuvre dont nous honorons la mémoire.

Il ne connut l'amertume du déboire qu'une seule fois, au cours d'une longue carrière, à l'occasion des travaux difficiles du canal de Panama. Son énergie, sa volonté, sa droiture, ne suffirent pas à corriger les fautes d'hommes d'affaires moins méthodiques dans leurs conceptions économiques, moins minutieux dans l'élaboration de leurs programmes financiers qu'Eiffel le fut, toute sa vie, dans ses conceptions techniques.

Le témoignage le plus éclatant de cette maîtrise professionnelle, n'est-ce pas l'exécution de la tour Eiffel, qui a valu à son constructeur la gloire d'une renommée mondiale ?

Est-ce mû par une simple pensée d'orgueil, par le désir d'édifier le monument le plus haut qu'ait jamais construit la volonté de l'homme, qu'Eiffel soumit au ministre du Commerce, en 1886, l'idée de dresser une tour de 300 mètres sur l'esplanade du Champ de Mars, au milieu des palais de l'exposition universelle de 1889 ?

Autrement élevé et noble fut le dessein d'Eiffel. Il entendait, fort d'une expérience plus que demi-séculaire, affirmer aux yeux dn

monde entier la valeur d'une technique qu'il avait créée, développée, et qui utilisait loyalement le fer pour réaliser une forme nouvelle d'architecture. Dans la conception de la tour de 300 mètres, apparaît toute la vigueur bourguignonne, qui se complaît à travailler la matière, à lui donner des formes pleines de noblesse. Eiffel continue la tradition de Rude, de Frémiet ; mais, délaissant la pierre et le ciseau, il prend l'enclume, le marteau, et modèle le fer. Il fait ainsi une œuvre de synthèse à la fois scientifique, technique et artistique, qu'aucune autre nation n'a réalisée depuis lors.

L'emploi de la pierre avait atteint ses extrêmes limites de hardiesse au cours de l'antiquité et du moyen âge. En ajourant les parois des murs, les constructeurs de la cathédrale de Rouen ont bien pu élever une flèche de 150 mètres de hauteur ; dans l'Italie du nord, à Turin, la tour Mole Antonelliana s'élève à 170 mètres. Eiffel, délaissant les techniques anciennes, entend démontrer que l'emploi du fer, de l'acier, offre des solutions de résistance au vent, d'allègement du poids total de l'édifice qui permettent d'atteindre des sommets jusqu'alors ignorés dans l'exécution des monuments.

Dès que le projet fut connu du public, de toutes parts s'élevèrent des protestations. Les artistes, les poètes déploraient la laideur qu'on infligerait à la capitale. Le ministre du Commerce, M. Lockroy, partisan de l'exécution de la tour de 300 mètres, reçut une lettre indignée à laquelle il fit une spirituelle réponse. Sa confiance dans la science d'Eiffel était sans réserve.

Des techniciens affirmaient cependant que, sous la poussée du vent, l'orgueilleuse tour s'effondrerait au delà de la première plate-forme, et que jamais on ne pourrait exécuter l'ensemble du plan follement imaginé.

Enfin les utilitaires déclaraient que la conception de l'œuvre d'Eiffel était une erreur financière et économique. Les capitaux engloutis dans une entreprise d'aussi vaste envergure seraient certainement improductifs. L'exposition terminée, la tour, n'ayant plus aucune utilité, devrait être démolie, et l'on aurait ainsi accumulé, à grands frais, un monceau de ferraille.

Nous savons tous, aujourd'hui, la fragilité des critiques, qui cependant auraient détourné les pouvoirs publics du projet d'Eiffel

sans la double ténacité et de l'ingénieur, homme d'expérience et de volonté à toute épreuve, et du ministre du Commerce qui tenait Eiffel pour un homme entreprenant, aux vues larges et divinatrices de l'avenir.

Jamais travail aussi considérable ne fut exécuté avec autant de rapidité et de précision. Le premier coup de pioche fut donné le 28 janvier 1887 ; les fondations furent terminées le 30 juin 1887 ; le montage fut immédiatement commencé, et le 31 mars 1889 la tour Eiffel était terminée. Deux ans et quelques mois avaient suffi pour édifier cette formidable charpente métallique de 300 mètres de hauteur, dont le poids total, avec ses plateformes, ses ascenseurs, est de neuf millions de kilos.

Le succès de la tour, au cours de l'exposition, fut incontesté. Les visiteurs apprécièrent les lignes élégantes et audacieuses de la construction. L'exposition terminée, l'œuvre d'Eiffel devait comporter de nouvelles utilisations.

La tour allait être l'instrument de recherches relatives au coefficient d'intensité de l'effort du vent sur les surfaces. Eiffel, continuant les traditions des grands savants bourguignons, des Buffon, des Carnot, des Monge, des Marey, créait la science de l'aérodynamique, qui a donné un support scientifique à l'aéronautique.

Il ne m'appartient pas de dire tout ce que lui doivent nos constructeurs d'avions et même ceux du monde entier. Par contre, au nom de l'administration des Postes, Télégraphes et Téléphones, j'ai le devoir de rappeler les immenses services rendus à la science radio-électrique par l'heureuse collaboration d'Eiffel et du général Ferrié.

En 1901, Eiffel invitait un jeune et savant capitaine du génie à utiliser les installations de la tour pour procéder à des expériences de télégraphie sans fil. Il mettait à sa disposition des instruments, moyens matériels indispensables à des recherches précises. Le capitaine Ferrié apportait de son côté une volonté et un savoir précieux. Organisateur d'un service de télégraphie militaire, il disposait d'un matériel dont l'ingéniosité et l'efficacité furent rapidement constatées. On avait redouté cependant que la masse métallique de la tour ne constituât un obstacle aux conditions nécessaires à une bonne transmission des ondes ; il n'en fut rien. Les expériences eurent lieu

tout d'abord entre la tour et les forts des environs de Paris. En 1903 et 1904, des communications furent établies entre la tour et nos places fortes de l'est, au moyen de machines et d'appareils créés par la télégraphie militaire et installés dans des baraques en bois sur le champ de Mars. Il fut ainsi possible de poursuivre des recherches pour améliorer une technique sans cesse en évolution. Le poste de la tour Eiffel joua donc, dès le début, le rôle de laboratoire de recherches radiotélégraphiques, rôle qu'il n'a cessé de remplir jusqu'à ce jour. Il fut, en réalité, le berceau de la radiotélégraphie française.

En 1906, on décida d'installer définitivement le poste en souterrain et, en 1908, les améliorations apportées à la technique permirent d'établir des communications permanentes, d'une part avec le corps expéditionnaire au Maroc, par l'intermédiaire d'un croiseur mouillé à Casablanca, d'autre part avec l'Amérique du nord.

A la même époque, l'emploi du poste de T.S.F. de la tour Eiffel fut envisagé, d'accord avec le Bureau des longitudes, pour les émissions de signaux horaires radiotélégraphiques destinés aux astronomes, aux navigateurs et explorateurs, aux administrations et aux particuliers. Des appareils nouveaux furent imaginés, qui permirent de réaliser deux espèces de signaux, donnant une précision d'un dixième et d'un centième de seconde. En recourant à ces procédés, on déterminait aussi les positions géographiques des divers points de la terre par l'astronomie et la T.S.F. Ces méthodes de recherches sont devenues classiques : on les a adoptées dans tous les pays.

En 1914, le poste de la Tour Eiffel était parfaitement installé et doté des instruments les plus perfectionnés.

Pendant la guerre, son rôle fut considérable. Non seulement on établit des communications à grande distance, qui permirent la diffusion des communiqués journaliers du grand quartier général, connues ainsi de toutes les nations belligérantes, mais encore on put obtenir des renseignements d'une grande importance, grâce à des procédés d'écoute des informations données par les postes radioélectriques des ennemis.

Des améliorations techniques furent apportées sans cesse, pendant la guerre, au matériel du poste. On les doit à la pléiade de physiciens et d'ingénieurs de haute valeur réunis dans les services de la

télégraphie militaire. Les travaux scientifiques de ce personnel facilitèrent la création, au cours des hostilités, des grands postes d'émission de Lyon et de Bordeaux, puis ensuite de toutes nos colonies.

La téléphonie devait, à son tour, avoir le bénéfice des installations du Champ de Mars. A la tour Eiffel eut lieu, en 1915, la première tentative d'écoute d'émissions radiotéléphoniques faites en Amérique. En 1916, un poste complet de radiotéléphonie y fut établi, puis transporté au Bourget. On put ainsi transmettre des ordres et des renseignements aux avions chargés de la défense aérienne de Paris. Après la guerre, la tour devint, en 1921, le premier poste de radiodiffusion d'Europe.

Le représentant du gouvernement est heureux de constater aujourd'hui que la collaboration la plus loyale n'a cessé de se développer entre les services du général Ferrié et la direction de la radiodiffusion des Postes, Télégraphes et Téléphones. Mais les satisfactions obtenues dans le passé ne doivent point nous détourner d'un nouvel effort, accompli toujours en commun, au bénéfice de l'intérêt général. Nous avons devant nous un vaste domaine à parcourir. L'autorité du général Ferrié, sa compétence reconnue par les milieux scientifiques et les praticiens d'Europe, ont récemment permis à la délégation française qu'il présidait lors du congrès de Prague, d'obtenir de légitimes satisfactions dans la répartition internationale des ondes. Demain, mon général, à la Haye, vous rendrez de nouveaux services à notre pays.

Je vous demanderai plus encore. Nous devons à nos colonies des auditions journalières de radiodiffusion. Grâce à l'équipement, en ondes très courtes, du poste que vous dirigez, les Français pourront recevoir, même en Indo-Chine, et plus loin encore, plusieurs fois par jour, les nouvelles de France ; ils entendront des concerts, des conférences de Paris. Nous leur devons ces relations quotidiennes, qui les attacheront plus intimement à la mère patrie. Vous savez, mon général, tout le prix qu'attache le gouvernement à cette réalisation, digne du poste dont vous avez si brillamment assuré le développement.

Messieurs, les services rendus par la tour Eiffel à la nation ne sont plus discutés. Leur simple énumération est le meilleur hommage

que l'on puisse offrir pieusement à la mémoire d'Eiffel, qui, en construisant cet édifice, accomplit un acte de foi dans la science et dans l'avenir du pays. La tour n'apparaît-elle pas aujourd'hui, aux yeux du monde entier, comme la tour-signal à l'extrémité de laquelle flotte le drapeau aux trois couleurs, symbole glorieux des destinées nationales ? Désormais, grâce aux émissions radioélectriques, du sommet de la tour s'élève la voix de la France, avec une puissance de rayonnement incomparable.

Il importait que tous les services rendus à la patrie par l'ingénieur, l'artiste, le savant, fussent signalés à l'opinion et dignement commémorés. Grâce à l'initiative des admirateurs d'Eiffel, ce monument de reconnaissance, confié à la garde de la ville de Paris, rappellera à tous le souvenir d'un grand Français.

Poste aérienne. — La ligne aérienne Bordeaux—Montluçon—Clermont-Ferrand—Lyon—Genève, qui permet l'acheminement rapide des correspondances par avion échangées entre ces villes ou à destination de la Suisse, de l'Allemagne, de la Tchéco-Slovaquie, de la Pologne, de l'Autriche et de la Hongrie, a été ouverte au service postal le 3 mai dernier. Ce service est exécuté dans les conditions suivantes :

section Montluçon—Lyon : quotidien, dimanches compris ;

section Lyon—Genève : quotidien, sauf les dimanches et jours fériés.

Provisoirement, entre Bordeaux et Montluçon, le courrier postal aérien est acheminé dans les deux sens par la voie ordinaire.

Chèques postaux. — *Virements internationaux entre la France et la Yougoslavie.* — Depuis le 1^{er} mai, les titulaires de comptes courants postaux français peuvent échanger des virements avec leurs correspondants titulaires de comptes courants tenus par l'office postal du Royaume des Serbes, Croates et Slovènes. Pour ordonner un virement postal à destination de la Yougoslavie, il suffit aux titulaires de comptes en France et en Algérie d'adresser, au bureau de chèques dont ils dépendent, un chèque de virement ordinaire, préalablement revêtu, de manière très apparente, de la mention « International ».

Le montant du virement peut, au gré de l'expéditeur, être exprimé en francs français ou en dinars. Le montant des virements n'est soumis à aucune limitation.

Virements télégraphiques. — L'administration française a inauguré le 1^{er} mai dernier un service de virements télégraphiques, qui fonctionne entre bureaux de chèques de la France continentale, de la Corse et de l'Algérie. Ce procédé permet de réduire de 1 à 2 jours les délais actuels d'exécution des virements dans les rapports entre les bureaux de chèques postaux de la France continentale et de 3 à 6 jours dans les relations de ces bureaux avec ceux d'Ajaccio et d'Alger.

Le tireur d'un chèque de virement qui désire faire exécuter l'opération par la voie télégraphique doit inscrire, au recto et en travers du titre, la mention « par télégraphe », au dessous de laquelle il appose sa signature. Les effets de cette mention s'étendent obligatoirement à la communication particulière inscrite éventuellement au verso du coupon de correspondance du titre. Le tireur adresse par la poste ou fait déposer le chèque au bureau de chèques détenteur de son compte-courant, comme pour un chèque ordinaire.

Le montant d'un chèque de virement télégraphique est illimité. Mais, lorsqu'il dépasse 200.000 francs, il donne lieu à l'émission d'un télégramme de virement par 200.000 francs, plus un pour la fraction de somme en excédent.

La taxe d'écritures est fixée à trois francs par télégramme à émettre ; elle est indépendante de la taxe télégraphique proprement dite.

Téléphonie internationale. — Le 2 mai dernier, a eu lieu l'inauguration de la liaison téléphonique France—Finlande.

BIBLIOGRAPHIE.

Selbstanschluss-Technik (Technique de la téléphonie automatique), par M. HEBEL, Telegraphendirektor im Reichspost-Zentralamt. Munich, R. Oldenbourg, 1928. 1 vol. in-8° de 425 pages, avec 240 figures et 1 album de schémas. — Prix : relié, 18 marcs.

Cet ouvrage, qui s'adresse aux élèves des écoles techniques, donne un aperçu complet de l'état actuel de la téléphonie automatique en Allemagne. Après un rapide exposé des procédés généraux de la téléphonie automatique, l'auteur étudie le système de l'administration allemande (description des organes, organisation des réseaux, aménagement et mise en service des bureaux automatiques). D'importants développements sont ensuite consacrés aux intéressants groupements de réseaux automatiques réalisés en Bavière ; à l'installation des bureaux interurbains modernes ; aux dispositions auxquelles on a recours pour combattre les troubles que les installations électriques à courant fort ou à haute tension apportent au fonctionnement des systèmes de téléphonie automatique. L'ouvrage est complété par une étude théorique de trafic téléphonique et par une étude théorique des relais et des organes automatiques.

R. B.

Le gérant :

HENRI DÉVÉ.

DOCUMENTATION.

Les analyses suivantes se rapportent à des articles parus dans les périodiques français et étrangers reçus par le Service d'études et de recherches techniques de l'administration des Postes et Télégraphes : elles sont rédigées par des fonctionnaires de ce service et signées de leurs initiales. Elles sont imprimées avec une pagination spéciale et sur un seul côté des feuillets de façon que l'on puisse, soit les relier à part, soit les découper pour en constituer un répertoire par fiches. Dans ce dernier cas, le classement en sera facilité par les nombres inscrits en tête des analyses, qui correspondent au classement décimal dont nous avons publié la table dans le numéro de janvier.

31 et 41. **Les communications télépho-
niques et télégraphiques de Genève pendant
les assemblées de la Société des nations**
A. Ferrier, *Bulletin technique de l'adminis-
tration suisse*, 1^{er} décembre 1928). — Re-
produit dans *Annales P.T.T.*, juin 1929.

32. **Sur l'effet perturbateur des ondes
transitoires et l'induction mutuelle de lignes
télégraphiques** (K. Ohashi, *E.N.T.*, jan-
vier 1929). — Le système des équations
aux dérivées partielles, qui régissent les lois
de variation de l'intensité de courant et de
la tension sur deux circuits voisins, compte
tenu de leurs actions mutuelles, peut se
transformer en systèmes d'équations des
télégraphistes, moyennant de simples chan-
gements de variables. Il devient donc aisé
d'étudier, à partir de ces équations, les phé-
nomènes qui se produisent sur un circuit
lorsqu'on applique, à l'origine d'un circuit
voisin, une force électromotrice constante.
On constate notamment que les effets pro-
duits résultent de la superposition d'ondes
d'intensité (ou de tension), ayant des vitesses
de propagation différentes. Dans le cas
limite où les résistances et pertes peuvent
être négligées dans l'étude de la propa-
gation, l'amplitude de la tension induite
est, quels que soient les coefficients d'in-
duction ou de capacité mutuels, égale à la
moitié de la tension appliquée à la ligne
inductrice ; mais la durée de passage en un
point, de cette onde de tension induite,

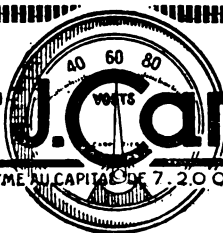
dépend de la valeur des coefficients de cou-
plage. Dans le cas limite de lignes à induc-
tance négligeable, l'intensité du courant
induit est proportionnelle au coefficient de
couplage et à l'intensité du courant induc-
teur... L.-J. C.

32. **Impédance du retour par le sol : fil
souterrain avec retour par la terre** (John
R. Carson, *Bell system T.J.*, janvier 1929).
— L'auteur considère le cas d'un conducteur
souterrain infiniment long, placé parallèle-
ment à la surface du sol et isolé du sol par
une couche diélectrique cylindrique concen-
trique. Il donne l'expression exacte de l'im-
pédance du retour par la terre et montre
que cette impédance est pratiquement indé-
pendante de la profondeur du conducteur,
tant que celle-ci est faible. Elle dépend seu-
lement de la fréquence, de la perméabilité,
de la conductivité du sol et du rayon exté-
rieur de la couche isolante. L.-J. C.

37. **Exploration des objets éclairés en
lumière naturelle dans les systèmes émetteurs
de télévision** (F. Gray et H. E. Ives, *Journal
Optical soc. of America*, décembre 1928). —
Dans les premiers essais de télévision entre-
pris par les Bell Telephone laboratories,
l'exploration du tableau à transmettre se
faisait au moyen d'un pinceau lumineux
mobile, intense, balayant tout l'angle solide
du tableau. Cette manière d'explorer limi-
tait les tableaux à une faible profondeur,
et une scène en plein air ou une scène de

Ateliers J. Carpentier

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 7.200.000 FRANCS



INSTRUMENTS DE PRÉCISION

Mesures Electriques

Télégraphie

-- Géodésie --

Navigation Maritime

et Aérienne

Optique

etc...

SIÈGE SOCIAL ET BUREAUX :

20, Rue Delambre, PARIS-XIV^e

Téléph. { Danton 65-43
Danton 65-44
Danton 65-45
Danton 65-46

Adresse
Télégraphique :
Ruhmkorff-Paris-43

ATELIERS :

Département Électricité : 14, 16, 18, 20, 22, Rue Delambre

Département Mécanique : 86, Grande-Rue, à Montrouge (Seine)

Téléphone : Vanpède 42-41

Département Navigation et Optique : 98, Bd du Montparnasse

AGENCES FRANÇAISES :

Alès, Bordeaux, Brest, Caen, Cherbourg, Clermont-Ferrand,
Dijon, Epinal, Grenoble, Lille, Lorient, Lyon, Marseille, Metz,
Montluçon, Nancy, Nantes, Reims, Rouen, Saint-Etienne,
Strasbourg, Toulon, Toulouse, Tours.

théâtre, par exemple, ne pouvaient être transmises.

Plus récemment, les auteurs sont arrivés, en augmentant les dimensions des appareils, à obtenir des effets photoélectriques suffisants au moyen de l'éclairage normal de plein jour.

J.-H. G.

37 et 72. La cellule au sélénium, ses propriétés et ses applications (G. P. Barraud, *Journ. Inst. Elect. Eng.*, décembre 1928). — Important article qui ne se prête pas au résumé.

Section 1 : la construction des cellules au sélénium ;

Section 2 : les propriétés des cellules de sélénium ;

Section 3 : Théories de l'action de la lumière sur le sélénium ;

Section 4 : Applications pratiques : a) Photométrie et problèmes de relais ; b) Optophone Fournier d'Albe ; c) Photophone Rankine ; d) Film parlant ; e) Télévision ;

Section 5 : Conclusion. — 27 figures et courbes ; importante bibliographie.

P. L. C.

41 et 31. Les communications téléphoniques et télégraphiques de Genève pendant les assemblées de la Société des nations (A. Ferrier, *Bulletin technique de l'administration suisse*, 1^{er} décembre 1928). — Reproduit dans *Annales P.T.T.*, juin 1929.

42. Impédance et affaiblissement effectif des transformateurs toroïdaux (R. Feldteller et V. Gandtner, *T.F.T.*, décembre 1928). — Les auteurs se sont proposés de réduire de simples mesures d'impédances toutes les grandeurs qui caractérisent le fonctionnement d'un transformateur. Il n'est plus nécessaire alors de faire des mesures d'affaiblissement effectif dont la précision devrait être supérieure au centième et néper. Il s'agit ici plus particulièrement des transformateurs toroïdaux qui doivent mener l'impédance des circuits en câble finis, vue des stations de répéteurs, à la valeur de 800 ohms. L'étude des conditions auxquelles doivent satisfaire ces transformateurs conduit les auteurs à proposer les conditions de vérification suivantes :

1^o Le secondaire étant fermé sur : 800 n^2 ohms (n : rapport de transformation), module de l'impédance du primaire, mesurée à la fréquence de 320 p.p.s., doit être compris entre 800 et 880 ohms, et son argument inférieur à 12 degrés. Cette vérification doit être faite sur tous les transformateurs ; elle garantit la valeur de l'affaiblissement effectif et la possibilité de constituer une ligne d'équilibre.

2^o Par une mesure d'impédance du secondaire à la fréquence de 2.000 p.p.s., le primaire étant fermé sur 800 ohms, il faut vérifier que l'inductance de fuite est inférieure à 35^{mH} et que la capacité est inférieure à 0^{uF},02. Cette vérification n'est nécessaire que sur quelques transformateurs d'une livraison.

P. M.

43. Noyaux de bobines Pupin en permalloy (Fr. J. Dommerque, *Z. f. Fernmeldetechnik*, novembre 1928). — Traduit dans *Annales P.T.T.*, mai 1929.

45. Théorie des relais des installations téléphoniques (W. Th. Bähler, *E.T.Z.*, 6 et 13 décembre 1928). — Etude des conditions pour que le relais, dans ses positions de travail ou de repos, assure une pression donnée des contacts. Influence de la dispersion magnétique, des courants de Foucault développés lors de la fermeture du circuit d'excitation. Influence de la variation du circuit magnétique, produite par le déplacement de l'armature du relais, sur les conditions générales de fonctionnement de ces relais. Effet du frottement et de la tension initiale du ressort antagoniste.

L.-J. C.

45. Sur le poste d'opératrice des multiples extensibles (R. Bigorgne, *Annales P.T.T.*, décembre 1928).

46. Mise en service de l'automatique à Lyon (P. Joly, *Annales P.T.T.*, décembre 1928).

46. Sur le nombre de contacts le plus favorable des organes sélecteurs en téléphonie automatique (Max Langer, *Zeitschrift für Fernmeldetechnik*, décembre 1928). — Les sélecteurs dont les bancs comportent 20 contacts par niveau sont plus coûteux que les sélecteurs dont les bancs n'en comportent que 10 ; en revanche, l'emploi de sélecteurs à 20 points permet de réduire le nombre total des organes. L'auteur examine, dans un certain nombre de cas concrets, si l'économie réalisée sur le nombre des appareils compense l'accroissement du prix unitaire de ces derniers. Sa conclusion est que les organes à 10 points par niveau sont plus avantageux que les organes à 20, aussi bien comme sélecteurs (les mêmes artifices [brassage, grading, commutateurs de brassage « Misch-wähler »] étant employés dans l'un et l'autre cas pour améliorer le rendement des jonctions) que comme connecteurs.

R. B.

Société Alsacienne de Constructions Mécaniques

Société anonyme au capital de 114.750.000 francs

Usines à : **MULHOUSE** (Ht-Rhin), **GRAFFENSTADEN** (Bas-Rhin), **CLICHY** (Seine)
Câblerie à **CLICHY** (Seine)

Maison à **PARIS**, 32, rue de Lisbonne (8^e)

Agences à :

BORDEAUX, 15, c^e Georges-Clémenceau.

EPINAL { 12, rue de la Préfecture.
 { 19, rue de la Gare (Textile).

LILLE { 61, rue de Tournai.

 { 16, rue Faidherbe (Textile),

LYON, 13, rue Grôlée.



MARSEILLE, 148, rue Paradis.

NANCY, 21, rue Saint-Dizier.

NANTES, 1 rue Camille Berruyer.

ROUEN, 7, rue de Fontenelle

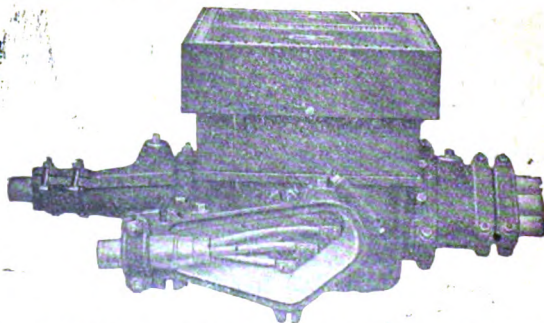
STRASBOURG, 36, rue Saint-Gothard.

TOULOUSE, 21, rue Lafayette.



FILS ET CABLES POUR L'ÉLECTRICITÉ

Fils et câbles nus et isolés. — Câbles sous plomb armés pour haute et basse tension. — Câbles télégraphiques et téléphoniques avec isolement en caoutchouc ou à circulation d'air. — Câbles sous-marins.



MATÉRIEL DE CANALISATIONS

Manchons de jonction, de branchement et de dérivation. — Boîtes à coupes-circuits. — Coffrets de branchement. — Boîtes de distribution, de dérivation et de prise de courant, etc...

AUTRES FABRICATIONS

Chaudières. — Machines à vapeur. — Moteurs à gaz et installations d'épuration des gaz. — Turbo-compresseurs. — Turbines hydrauliques. — Machines pour l'industrie textile. — Machines et appareils pour l'industrie chimique. — Machines-outils. — Petit outillage. — Bascules. — Transmissions.

48. Une méthode pour mesurer l'efficacité, à la transmission et à la réception, d'une installation d'abonné par des essais sur place et à la voix (B. S. Cohen, *Journal télégraphique*, novembre-décembre 1928). — L'opérateur se rend chez l'abonné, muni d'un récepteur étalon et d'un coupleur acoustique. La tension est mesurée au bureau central à l'aide d'un dispositif à trois lampes, monté en redresseur avec résistance de fuite sur la grille et un grand condensateur de grille. L'entrée de ce dispositif est commandée par un potentiomètre gradué.

L'opérateur chez l'abonné commence par parler devant le coupleur acoustique associé au récepteur étalon. On repère au bureau central la déviation produite. L'opérateur parle ensuite devant le coupleur associé au récepteur de l'abonné et devant son transmetteur. Le potentiomètre est réglé de façon à ce qu'on reproduise la déviation initiale; la lecture du potentiomètre donne directement l'efficacité du récepteur et du transmetteur de l'abonné.

P. M.

48. Procédés de mesure des affaiblissements et des amplifications effectives (Willy Weinitschke, *T.F.T.*, décembre 1928). — Le principe de la mesure consiste en la comparaison des tensions aux deux extrémités du quadripôle considéré; l'appareil servant à mesurer les tensions doit avoir une sensibilité suffisante et une grande impédance d'entrée: téléphone à la sortie d'un amplificateur à lampes, ou voltmètre à lampes. Pour amener à l'égalité les deux tensions comparées, on peut utiliser de simples résistances, des lignes artificielles ou une combinaison de ces deux moyens. Il en résulte une série de procédés possibles, que l'auteur passe en revue en examinant, pour chacun d'eux, la précision de la mesure et les limites de son domaine d'application. Certains de ces procédés conviennent mieux aux mesures de laboratoire; d'autres, aux mesures pratiques. En général, les procédés utilisant les lignes artificielles sont plus commodes, car ils donnent directement une lecture logarithmique.

P. M.

48 et 75. Effets de diffraction sur l'embouchure d'un microphone dans les mesures acoustiques (Stuart Ballantine, *Physical Review*, décembre 1928). — Lorsqu'on veut mesurer la pression acoustique dans une onde plane, on peut placer un microphone à condensateur sur le trajet de l'onde et mesurer l'intensité du courant microphonique induit. On peut en déduire en valeur

absolue une pression acoustique. Cette pression est celle qui agit sur la plaque du microphone; mais à cause des effets de diffraction dus à l'embouchure, ce n'est pas la pression de l'onde plane.

L'auteur propose d'enfermer le microphone dans un boîtier sphérique dont il est possible de calculer théoriquement les effets de diffraction et de corriger les lectures. Ayant ainsi un appareil de mesure absolu, on peut déterminer expérimentalement la correction à apporter dans le cas d'une embouchure de forme quelconque.

L'auteur a trouvé que certaines formes d'embouchure peuvent donner des erreurs atteignant 100 %.

J.-H. G.

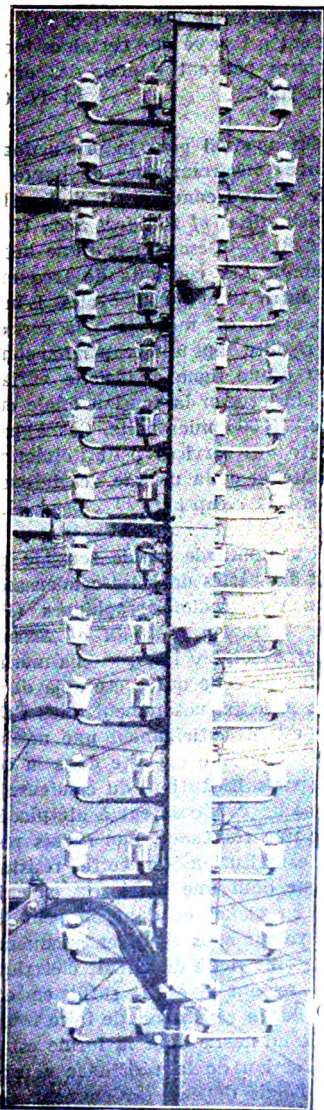
57. Un appareil pour la production de petites forces électromotrices de haute fréquence de valeurs connues (B.-S. Smith et F.-D. Smith, *Proc. of Physical Soc.*, 15 décembre 1928). — Description d'une hétérodyne donnant des courants de fréquences variables entre 10 et 50 kilocycles. L'intensité du courant est mesurée à la sortie et peut être réduite dans une proportion connue au moyen d'une ligne artificielle variable. On peut ainsi régler la tension finale entre $0,2^{\text{V}}$, 008 et 15.000 microvolts. Cet appareil peut rendre des services pour l'étalonnage d'amplificateurs et la mesure des intensités de champs à la réception.

J.-H. G.

58. Une méthode rapide sensible pour la mesure des pertes dans les condensateurs aux fréquences radiotélégraphiques (Raymond M. Wilmotte, *Journal of Scientific instruments*, décembre 1928). — La méthode (très voisine de celle qui a été déjà décrite par divers auteurs, notamment dans l'*Onde électrique*) est essentiellement une méthode de substitution. Elle consiste dans la comparaison (par substitution) du condensateur étudié avec un condensateur à air placé en série avec une résistance. Son succès réside dans la constitution de cette résistance bimétallique dont une partie est en cuivre et l'autre en nickel et dont on peut faire varier la valeur sans modifier aucunement la forme géométrique du circuit électrique: les balais restant fixes, il suffit en effet, pour modifier la résistance, de faire tourner le rhéostat lui-même dont la forme est circulaire. L'action de la résistance comprise entre les balais dépend évidemment de la proportion relative des longueurs du fil de cuivre et du fil de nickel utilisés. Mais les éléments parasites (inductance, capacité) ne sont pas affectés.

P. C.

BOITES DE RACCORDEMENT MÉTALLIQUES *(Modèles déposés)*



Boîte de 28 paires en service à Grenoble.

J. AUDIBERT

1, rue Paul-Bert, GRENOBLE

R. C. Grenoble : 931

Téléph. 28-55

**ÉTANCHES
DURABLES
ÉCONOMIQUES**

Approuvées par le Comité Technique
des Postes et Télégraphes

60.000 en Service France et Colonies

Ces boîtes peuvent contenir, suivant les modèles,
des plots de raccordement, des paratonnerres, des
parafoudres, des réglettes tête de câble, à peigne
noyé.

Renseignements, Catalogues, Echantillons
envoyés gratuitement sur demande.

Modifications pour point de raccordement
ou de concentration difficiles.

Etudes pour cas spéciaux.

**CROCHETS POUR SUSPENSION
DE CÂBLE TÉLÉPHONIQUE AÉRIEN**
(Modèle déposé)

RÉPARTITEURS TÉLÉPHONIQUES
Système Poncet (mécanicien aux P.T.T.).

**OUTILLAGE SPÉCIAL ET ÉTUDIÉ
POUR ÉQUIPES**

58. Un voltmètre à lampes sensible (Ch. Bayne Aiken, *Journ. Opt. Soc. of America*, décembre 1928). — Principe et description d'un voltmètre à lampes pour courants alternatifs simples, sinusoïdaux, de fréquences audibles. Le principe est d'obtenir des battements avec une hétérodyne locale et, après détection, d'envoyer le courant alternatif à très basse fréquence ainsi obtenu dans un galvanomètre très peu amorti. On règle la fréquence des battements sur la période propre du galvanomètre et l'on observe l'amplitude des oscillations de ce dernier. Le voltmètre ainsi constitué est extrêmement sensible, et sa caractéristique est rectiligne. L'auteur a obtenu une sensibilité de 4 divisions par millivolt. Il estime possible de mesurer des tensions de l'ordre du microvolt. Des courants parasites, même très forts par rapport au signal, n'influent pas sur les lectures.

L'auteur discute des erreurs possibles dues aux variations de tensions de plaque, de chauffage, etc..., et donne des courbes expérimentales de ces erreurs. J.-H. G.

59 et 89. La navigation aérienne et les instruments de bord (P. Franck, *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale*, novembre 1928). — Conférence faite par l'auteur, le 21 mai 1928, où sont étudiés les trois problèmes que pose la navigation aérienne : conduite de l'avion, navigation d'un point à un autre, atterrissage, et les solutions qui y ont été apportées.

P. M.

59. Discours présidentiel à la section radio de l'Inst. of Electr. Engineers (J. A. Slee, *Journal of the Inst.*, décembre 1928). — Excellent compte rendu de la conférence radiotélégraphique internationale de Washington 1927. P. L. C.

59 et 72. Les relations des ondes électromagnétiques avec les phénomènes météorologiques (R. Bureau, *Revue scientifique*, 22 décembre 1928). — Intéressant exposé des vues les plus récentes de M. Bureau, dont l'autorité est reconnue. « On peut ramener l'ensemble des phénomènes observés à une seule loi extrêmement simple : Les parasites atmosphériques sont d'autant plus nombreux et violents que les mouvements verticaux de l'atmosphère sont, par rapport aux mouvements horizontaux, plus nettement accusés. Ils sont, au contraire, d'autant plus rares et faibles que les masses d'air se stabilisent davantage en couches horizontales régulièrement stratifiées. Autrement dit, la stabilité et l'instabilité verti-

cales de l'atmosphère entraînent la faiblesse ou l'activité des parasites atmosphériques ». « Ainsi, les atmosphériques peuvent être considérés comme une image électrique de l'agitation verticale de l'atmosphère, de même que la forme des images en est une image optique ». P. L. C.

65. Etude sur la répartition du flux lumineux des appareils d'éclairage (J. Wetzel, *R. G. E.*, 29 décembre 1928). — Partant de la définition qu'il a déjà proposée pour le coefficient d'uniformité, à savoir :

$$u = 1 - \frac{\int (E - E_m) dS}{2 E_m S} \text{ pour les surfaces}$$

et :

$$u = 1 - \frac{\int_{x_0}^{x_1} (E - E_m) dS}{2 E_m (x_1 - x_0)} \text{ pour les lignes,}$$

l'auteur trace les courbes donnant ce coefficient d'uniformité en fonction du rapport de l'écartement à la hauteur, pour différents appareils d'éclairage intérieur et extérieur. Ces courbes permettent de se rendre compte facilement des qualités d'un appareil, de déterminer la hauteur ou l'écartement le plus favorable, et enfin de classer les appareils en types extensifs, intensifs, etc...

P. M.

67. La fabrication des condensateurs. (W.-J. Homer, *Automatic Telephone*, novembre-décembre 1928). — L'auteur passe en revue les qualités que doivent posséder les condensateurs employés en téléphonie ; il fait un rapide historique de l'évolution de l'industrie des condensateurs et des difficultés rencontrées par les fabricants pour satisfaire aux conditions très rigoureuses imposées par les constructeurs de matériel automatique au point de vue des tolérances sur la capacité et de l'encombrement et au point de vue de l'isolement et de la rigidité diélectrique en atmosphère humide.

R. B.

69. Le battement du cœur considéré comme oscillation de relaxation et un modèle électrique du cœur (B. van der Pol et J. van der Mark, *Onde électrique*, septembre 1928). — Reproduit dans *Annales P. T. T.*, décembre 1928.

71. A propos du théorème de O. Heaviside dit « expansion theorem » (J.-B. Pomey, *R. G. E.*, 10 novembre 1928). — Etant donnée l'équation différentielle linéaire du même ordre, à coefficients constants, avec second membre $f(x)$, l'auteur rappelle comment

Téléphone :
CENTRAL { 35.56
 { 56.82

COMPAGNIE FRANÇAISE
DES

Adresse
télégraphique :
CABLES-PARIS

CABLES TÉLÉGRAPHIQUES

Société anonyme au Capital de 24.000.000 de francs

Siège Social : 53, rue Vivienne et 15, boulevard Montmartre, PARIS

Registre du Commerce, n° 39.342 — Seine,

La seule Compagnie Française de Câbles desservant New-York

RAPIDITÉ *Via P. Q.* **EXACTITUDE**

**Trois Câbles Transatlantiques directs entre
Brest et New-York ne touchant pas l'Angleterre**

*Ces 3 Câbles sont prolongés jusqu'à Paris par trois lignes télégraphiques
desservies par des appareils à grand rendement*

La Compagnie possède à PARIS, rue Vivienne, 53 (angle du boulevard Montmartre)
un Bureau spécial où le public peut déposer pour l'Amérique des câblogrammes qui
sont transmis de ce Bureau à New-York, dans des délais extrêmement courts ;

Bureau particulier au Havre P. Q.

Lignes directes vers Bordeaux, Lille, Lyon, Marseille, Nantes, etc...

*Service vers les Etats-Unis, le Canada, les Amériques Centrale et du Sud.
Service indépendant pour Haïti, Cuba, St-Domingue, Porto-Rico, les Antilles
Françaises, Curaçao, Venezuela, Guyanes Française et Hollandaise*

" P. Q. " TÉLÉGRAMMES TÉLÉPHONÉS " P. Q. "

(Réseau de Paris seulement)

Par le Réseau Général : le service des Câblogrammes téléphonés P.Q. permet
au public d'obtenir sans se déplacer la même rapidité d'acheminement que si les câblo-
grammes étaient déposés au Bureau spécial P.Q., 53, rue Vivienne. Il donne de même
la facilité d'avoir communication des câblogrammes reçus d'Amérique dès leur arrivée
au Bureau de la Compagnie (Demander la notice spéciale).

Lignes privées

Des lignes privées directes pour l'échange des câblogrammes peuvent être établies
entre le bureau de la Compagnie et les maisons qui le désirent.

(Pour tous renseignements s'adresser au Service Commercial de la Compagnie).

Par la Via P.Q. peuvent être échangées toutes les catégories de câblogrammes.

Inscrivez sur vos dépêches la mention Via P. Q. (non taxée)

les règles du calcul symbolique d'Heaviside permettent d'en trouver l'intégrale générale. Il montre que ces procédés de calcul sont légitimes. Il explique ensuite que la formule d'Heaviside s'obtient immédiatement par application d'une méthode générale classique donnée par Cauchy, dans des conditions précisées par Jordan.

L.-J. C.

72. L'état actuel de nos connaissances sur la conductibilité électrique des métaux (A. Boutaric, *L'Industrie électrique*, 10 novembre 1928). — Résumé clair et détaillé des rapports et discussions du 4^e conseil de physique Solvay, tenu à Bruxelles en 1924, publiés par Gauthier-Villars.

1. Métaux solides à la température ordinaire. 2. Cristal métallique unique. 3. Métaux liquides. 4. Alliages. 5. Phénomènes divers. 6. Supraconductibilité. 7. Conductibilité des cristaux. 8. Les théories.

P. L. C.

72 et 37. La cellule au sélénium, ses propriétés et ses applications (G.-P. Barnard, *Journ. Inst. Electr. Eng.*, décembre 1928). — Voy. sous le n° 37.

72 et 59. Les relations des ondes électromagnétiques avec les phénomènes météorologiques (R. Bureau, *Revue scientifique*, 22 décembre 1928). — Voy. sous le n° 59.

75. Etudes américaines sur l'acoustique des édifices (*Génie civil*, 20 octobre 1928). — Rappel des principes mis en œuvre par M. Lyon pour la salle Pleyel à Paris, et résumé d'un article de l'*Engineering News Record* du 7 juin 1928 sur deux méthodes employées en Amérique pour prévoir et éviter les échos gênants. La première méthode consiste à photographier une onde acoustique émise dans un modèle en plâtre de la salle. La deuxième méthode consiste à observer les caustiques lumineuses réfléchies par un ruban métallique poli disposé sur la surface des parois d'un modèle réduit de la salle. L'article donne les résultats obtenus dans une application de cette dernière méthode à une église de Chicago. J.-H. G.

75 et 48. Effets de diffraction sur l'embouchure d'un microphone dans les mesures acoustiques (Stuart Ballantine, *Physical Review*, décembre 1928). — Voy. sous le n° 48.

79. Les phénomènes périodiques dans la nature (W. Kopaczewski, *La Nature*,

1^{er} septembre 1928). — Reproduit dans *Annales P. T. T.*, décembre 1928.

81. Méthodes graphiques du calcul des pylônes à treillis et de poteaux en bois (A. Dravet, *L'Electricien*, 1^{er} novembre 1928). — Calcul d'un pylône à treillis d'un type déterminé (montants cornières, croisillons cornière à 45°). La solution s'obtient par l'intersection de deux réseaux de courbes, dont l'un est tracé sur papier transparent et est d'origine variable. Même méthode pour les poteaux en bois. P. L. C.

83. Essais comparatifs de ciments à haute résistance (J. Clémentel, *Revue du génie militaire*, décembre 1928). — L'Union technique du bâtiment et des travaux publics, organisme fondé par la Fédération nationale du bâtiment et des travaux publics, vient d'effectuer des essais de mortiers et de bétons. C'est un résumé du rapport relatif à ces travaux que publie la *Revue du génie militaire*. Les principales conclusions que l'on peut tirer de cette série d'expériences sont les suivantes. Les différents superciments mis sur le marché actuellement se différencient par leur rapidité d'évènement, par leur sensibilité aux écarts de température et aux quantités d'eau de gâchage. Ces différences se traduisent au début par des variations de résistance; mais elles deviennent très rapidement négligeables. La quantité d'eau utilisée pour le gâchage a une influence certaine sur la résistance, à tel point qu'il convient d'être très circonspect sur les taux de travail admissibles, qui sont parfois inférieurs à ceux préconisés. V.-L. D.

88. La protection contre l'incendie des grands dépôts d'hydrocarbure (M. Benoist, *Recherches et inventions*, octobre 1928). — L'auteur, ingénieur conseil du Syndicat des compagnies d'assurances, décrit les soupapes à billes et les réservoirs de gaz inerte (anhydride sulfureux) adoptés par la Marine, ainsi que les principes d'installation de systèmes à mousse extinctrice. Cette mousse peut être produite par la réaction d'un acide faible sur du bicarbonate de soude en présence d'alumine ou d'un émulsif, soit dans une station centrale, soit à proximité de chacun des réservoirs à protéger. P. M.

89 et 59. La navigation aérienne et les instruments de bord (P. Franek, *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, novembre 1928). — Voy. sous le numéro 59.

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

- LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE**, 3, rue Thénard, Paris (5^e).
- CONSTRUCTION DES LIGNES AÉRIENNES** (1) par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (3^e édit., 1 vol. autogr., de 362 p., et 188 fig.)..... 25 fr.
- CONSTRUCTION DE LIGNES SOUTERRAINES** (1), par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 346 p., 153 fig. et 17 pl.)... 3 fr.
- COURS DE PROTECTION DES LIGNES télégraphiques et téléphoniques contre les lignes d'énergie** (1), par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr., de 493 p., 65 fig. et 2 pl.)..... 35 fr.
- COURS D'INSTALLATIONS TÉLÉPHONIQUES**, par MILON, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. typogr., de 460 p., 294 fig., 15 pl.)..... 45 fr.
- COURS D'EXPLOITATION TÉLÉGRAPHIQUE** (1), par L. RAYNAL, ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr., de 175 p.)..... 18 fr.
- PRINCIPES GÉNÉRAUX D'EXPLOITATION TÉLÉPHONIQUE** (1), par MILON, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 272 p. et 20 fig.)... 1 fr.
- TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SANS FIL** (1), par VEAUX, ingénieur en chef des P.T.T., (1 vol. typogr., de 320 p. et 362 fig.)..... (En réimpression)
- COURS SUR L'ORGANISATION ET LE CONTRÔLE DE L'EXPLOITATION DES BUREAUX TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES** (1), par LEVEAU, chef de bureau téléphonique hors classe breveté, (1 vol. autogr., de 190 p.)..... 18 fr.
- COURS D'EXPLOITATION POSTALE** par FERRIERE chef de bureau des P.T.T. (2 vol. typogr., de 241 et 306 p.)..... 40 fr.
- COURS DE COMPTABILITÉ et de droit budgétaire** (1), par FERET DU LONGBOIS directeur au ministère des Finances (1 vol. typogr., 3^e éd., 156 p.)..... 15 fr.
- CONFÉRENCES DE COMPTABILITÉ industrielle et commerciale**, par G. VALENSI ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr., de 276 p.)..... 18 fr.
- COURS DE MACHINES** (1), par M. SAUVAGE, inspecteur général des Mines (1 vol. autogr., 207 p., 70 fig.)..... 15 fr.
- COMPLÉMENTS DE MATHÉMATIQUES** (1), par B. COLLIN, agrégé de l'Université, professeur au lycée Saint-Louis et à l'Ecole supérieure des P. T. T. (1 vol. autogr., de 84 p.)..... 7 fr.
- COURS ÉLÉMENTAIRE DE TÉLÉPHONIE** (2), par Louis GRELAUD, contrôleur principal des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 180 p. et 127 fig.)..... 22 fr.
- COURS D'ÉLECTRICITÉ** (2) (Application à la téléphonie et à la télégraphie à l'usage des agents mécaniciens et du Personnel des P. T. T.), par Ch. SUCHET, ingénieur des P.T.T., (3^e édit. 2 vol. typogr. de 299 p. et 236 p.) Tome I, 30 fr.; Tome II, 22 fr.
- COURS DE MULTIPLES TÉLÉPHONIQUES** (2) (à l'usage des agents mécaniciens, et du Personnel des P. T. T.), par Paul JOLY, ingénieur en chef des P.T.T. 2^e édit. 1 vol. autogr., 519 p., 147 fig. et un atlas de 70 pl.)..... 60 fr.
- COURS DE TÉLÉPHONIE AUTOMATIQUE** (2) (à l'usage des agents mécaniciens et du Personnel des P. T. T.), par Ch. PETIT, ingénieur en chef des P.T.T. (2 vol.).
Livre I (415 pages, 162 fig. et 39 pl. hors-texte) 55 fr.
Livre II (en impression)
- MANUEL DE L'OUVRIER** des lignes aériennes télégraphiques et téléphoniques, par L. DROUET, ingénieur en chef des P. T. T. (3^e éd., 1 vol. typogr. 13 x 18, de 254 p. et 158 fig.)..... 18 fr.

(1) Cours professé à l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes.

(2) Cours professionnels.

LAMPES DE T.S.F.

FOTOS



AMPLIFICATION
HAUTE-MOYENNE-BASSE
FRÉQUENCE
DETECTRICE



AMPLIFICATION BASSE FRÉQUENCE



AMPLIFICATION
BASSE
MOYENNE
FRÉQUENCE

NOUVELLE SÉRIE
DE LAMPES DE RÉCEPTION A TRÈS FORTE
ÉMISSION ÉLECTRONIQUE
FABRICATION
GRAMMONT

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

(Suite)

-
- COURS DE T. S. F.** (à l'usage des commis des P. T. T. destinés au service de l' T. S. F.), par VEAUX, ingénieur en chef des P. T. T. (1 vol. typogr. de 366 p., 351 fig. et 6 pl.)..... 35 fr.
- INSTRUCTION SUR LA CONSTRUCTION et l'entretien des lignes aériennes** (1927) (1 vol. relié, de 344 p., 100 fig. dont 1 pl. hors texte), 3^e éd..... 18 fr.
- INSTRUCTION PROVISOIRE SUR LA CONSTRUCTION et l'entretien des lignes souterraines** (1924) (1 vol. relié, de 260 p., 122 fig.)..... 22 fr.
- INSTRUCTION SUR LA COMBINAISON DES CIRCUITS et leur appropriation à la télégraphie et à la téléphonie simultanées** (1921) (1 plaquette reliée de 26 p., 20 fig et 2 pl. hors texte), 2^e éd..... 4 fr. 50
- INSTRUCTION SUR LA PROTECTION des installations télégraphiques et téléphoniques de l'Etat contre les courants industriels** (1918) (1 vol. relié, de 140 p.)..... 8 fr.
- INSTRUCTION SUR LES ESSAIS et mesures électriques et le relèvement des dérangements de lignes et de postes** (1927) (1 vol. relié, de 188 p. et 42 fig.) 3^e éd..... 12 fr.
- INSTRUCTION SUR L'INSTALLATION et l'entretien des postes téléphoniques d'abonnés** (1921) (1 vol. relié, de 64 p. et 22 fig. dont 7 pl.), 2^e éd..... 7 fr.
- INSTRUCTION SUR L'INSTALLATION des bureaux télégraphiques principaux** (1919) (1 vol. relié, de 86 p., 64 fig. dont 33 pl.)..... 10 fr.
- INSTRUCTION SUR L'INSTALLATION de l'éclairage électrique à l'intérieur des locaux** (19.0) (1 vol. relié, de 74 p., 32 fig. dont 3 pl. hors texte). (*En réimpression.*)
- INSTRUCTION SUR L'ENTRETIEN et le réglage des appareils télégraphiques** (1920) (1 vol. relié, de 154 p. et 39 fig.) *En réimpression.*
- LA TECHNIQUE TÉLÉGRAPHIQUE EN FRANCE depuis l'origine**, par R. MONTORIOL, inspecteur des P.T.T. (1 vol. typogr., de 240 pages, 113 fig. et 21 portraits hors texte). 4 fr.
- LA POSTE MILITAIRE EN FRANCE (Campagne 1914-1919)**, par A. MARTY, inspecteur général des P. T. T., chargé de la Poste militaire aux armées au Grand Quartier Général (1 vol. 16 × 25 de 139 p.)..... 9 fr.
- CONDITIONS D'INSTALLATION des bureaux de poste, de Télégraphe et téléphone** (une plaquette 13 × 18 de 47 p.)..... 2 fr. 50.
-
- GAUTHIER-VILLARS**, 55, Quai des Grands-Augustins, Paris (6^e) :
- DE LA PROPAGATION DU COURANT TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE** (THE PROPAGATION OF THE ELECTRIC CURRENTS, par J.-A. FLEMING) : traduit de l'anglais par RAVUT, ingénieur des P.T.T. (1913). — 1 vol..... 32 fr.
- COURS D'ÉLECTRICITÉ THÉORIQUE** (1), par POMEY, Inspecteur général des P.T.T. (1914). — 2 vol. Tome I..... 35 fr.
Tome II..... 100 fr.
- INTRODUCTION A LA THÉORIE DES COURANTS TÉLÉPHONQUES ET DE LA RADIOTÉLÉGRAPHIE**, par POMEY, inspecteur général des P.T.T. (1920) 60 fr.
- ANALOGIES MÉCANIQUES DE L'ÉLECTRICITÉ**, par POMEY, inspecteur général des P.T.T. (1921)..... 20 fr.
- RADIOTÉLÉGRAPHE, RADIOTÉLÉPHONE, RADIO-CONCERTS**, par E. REY-NAUD-BONIN, ingénieur en chef des P.T.T. — 1 vol..... 15 fr.

(1) Cours professé à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes.

ACCUMULATEURS DININ

pour T. S. F. — STANDARDS TÉLÉPHONIQUES
et toutes applications

SOCIÉTÉ DES ACCUMULATEURS ÉLECTRIQUES

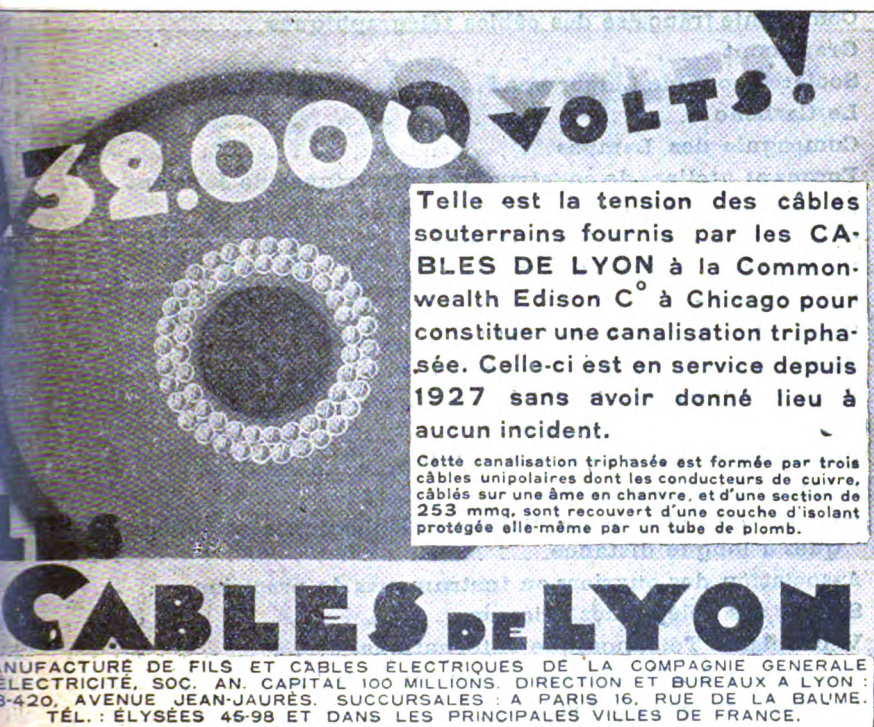
(Anciens Établissements Alfred DININ)

Société Anonyme au Capital de 10.000.000 de francs

18, rue de Cherbourg, NANTERRE (Seine)

Maison de vente à PARIS : 49, rue Saint-Ferdinand (XVII^e)

Succursale à Lyon : 181, avenue de Saxe



32.000 VOLTS!

Telle est la tension des câbles souterrains fournis par les **CABLES DE LYON** à la Commonwealth Edison C^o à Chicago pour constituer une canalisation triphasée. Celle-ci est en service depuis 1927 sans avoir donné lieu à aucun incident.

Cette canalisation triphasée est formée par trois câbles unipolaires dont les conducteurs de cuivre, câblés sur une âme en chanvre, et d'une section de 253 mmq, sont recouvert d'une couche d'isolant protégée elle-même par un tube de plomb.

CABLES DE LYON

MANUFACTURE DE FILS ET CABLES ÉLECTRIQUES DE LA COMPAGNIE GÉNÉRALE ÉLECTRICITÉ, SOC. AN. CAPITAL 100 MILLIONS. DIRECTION ET BUREAUX À LYON : 3-420, AVENUE JEAN-JAURÈS. SUCCURSALES : À PARIS 16, RUE DE LA BAUME. TÉL. : ÉLYSÉES 45-98 ET DANS LES PRINCIPALES VILLES DE FRANCE.

SOCIÉTÉ ANONYME DES TUBES DE VALENCIENNES ET DENAIN

CAPITAL : 5.500.000 FRANCS

Siège social et Usine à VALENCIENNES (Nord)

Maison à Paris : 16 bis à 24, Passage d'Angoulême

Tubes soudés et sans soudure pour tous usages

TUBES CARRÉS

pour lignes électriques

Adresser la correspondance à Valenciennes

Téléphone : 117 VALENCIENNES

R. C. Valenciennes 499

INDEX

	Pages
DOCUMENTATION	D. 26, D. 27, D. 28, D. 29, D. 30
BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES P.T.T.	10, 12, 14
Ateliers J. Carpentier	2
Société alsacienne de constructions mécaniques	4
J. Audibert	6
Compagnie française des câbles télégraphiques	8
Grammont	11
Société anonyme Lidgerwood	13
Le Carbone	15
Compagnie des Lampes	15
Forges et ateliers de constructions électriques de Jeumont	16
Lignes télégraphiques et téléphoniques	17
Société anonyme Siemens-France	18
La machine à affranchir Havas	18
Ecole Berlitz	19
Cambridge Instrument Co Ltd	20
Compagnie générale transatlantique	20
Société industrielle des Téléphones	21
Grand Bazar de l'Hôtel-de-Ville	22
Etablissements Gaiffe-Gallot et Pilon	22
Le Matériel Téléphonique	23
Société d'Etudes pour liaisons téléphoniques et télégraphi- ques à longue distance	24
Association des ouvriers en instruments de précision	24
Société des Téléphones Ericsson	25
Vocabulaire Téléphonique International	26
Compagnie des Téléphones Thomson-Houston	27
Louvroil et Recquignies	28
Chauvin et Arnoux	28
Société française Gardy	29
Etablissements A. Meunier, Vergnaud et Cie	34
Librairie de l'Enseignement technique	30
Société des accumulateurs électriques	31
Les Câbles de Lyon	31
Société anonyme des tubes de Valenciennes et Denain	31
Ecole spéciale des Travaux publics	III
Société française des Appareils Creed	IV

AUG 27 1929

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS
D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3 RUE THÉNARD PARIS, V^e

de l'Abonnement annuel : France,..... 60 francs Étranger..... 100 francs

Digitized by Google

ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

Revue mensuelle publiée par les soins
d'une commission nommée par
LE MINISTRE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

La commission des *Annales* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs et qui peuvent ne pas refléter la doctrine de l'administration; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

RÉDACTION : 20, RUE LAS CASES, PARIS 7^e.

Téléphone : Ségur 46.43 et 45.59.

Pour tout ce qui concerne les abonnements et la publicité, s'adresser à l'éditeur :

LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE,
3, rue Thénard, Paris 5^e.

TABLE DES MATIERES.

La décharge électrique dans les gaz rares, par MARCEL LAPORTE, docteur ès sciences, assistant à l'Institut du radium.	589
Le bureau automatique « Carnot » (suite), par G. POCHOLLE, J. ROUVIÈRE et A. LABROUSSE, ingénieurs des Postes et Télégraphes.	621
La téléphonie automatique interurbaine au Maroc, par M. DUBEAUCLARD, directeur de l'office chérifien des Postes et Télégraphes	651
BREVETS D'INVENTION.	655
REVUE DES PÉRIODIQUES : Les petits paquets.	659
INFORMATIONS : Poste aérienne. — Vers la permanence du service téléphonique. — Concours d'admission à la 1 ^{re} section de l'Ecole professionnelle des Postes et Télégraphes (avril 1929) : sujets des épreuves écrites. — Les récentes améliorations apportées au service télépho- nique en Grande-Bretagne. — Les derniers câbles téléphoniques sous-marins posés entre la Grande-Bretagne et le continent	663
BIBLIOGRAPHIE	673
DOCUMENTATION	D. 31

LA DÉCHARGE ÉLECTRIQUE DANS LES GAZ RARES,

par Marcel LAPORTE,

docteur ès sciences.

assistant à l'Institut du radium, (1)

I. INTRODUCTION.

On désigne généralement sous le nom de *gaz rares* cinq gaz : l'hélium, le néon, l'argon, le krypton et le xénon ; on peut aussi rattacher à ce groupe les trois émanations radioactives : celle du radium, celle du thorium et celle de l'actinium, qui ont des propriétés chimiques analogues ; pour rappeler cette analogie, les émanations sont aussi désignées des noms de *radon*, *thoron*, et *actinon*.

Si intéressantes qu'elles soient au point de vue de la radioactivité, les émanations n'offrent qu'un intérêt restreint au point de vue de la décharge électrique, car, à cause de leur désintégration radioactive, on ne peut les obtenir qu'en quantités impondérables ; et il n'en sera plus question dans cet exposé.

La découverte des gaz rares, échelonnée de 1895 à 1898, a été suivie d'un très grand nombre de recherches de laboratoires ; mais c'est seulement dans ces dernières années que l'emploi des gaz rares a pris un caractère industriel ; cela tient aux grandes difficultés qu'il a fallu surmonter pour obtenir les gaz rares en quantités importantes.

Préparation des gaz rares. — Les gaz rares sont contenus dans l'air ou en solution dans les eaux qui séjournent au contact de l'air ; l'hélium seul peut avoir une autre origine. 1 mètre cube d'air contient : 91,325 d'argon, 18^{ème} de néon, 5^{ème} d'hélium, 1^{ème} de

1. Conférence faite à l'amphithéâtre de l'Ecole professionnelle supérieure des postes et télégraphes le 15 mars 1929.

krypton, et $0,^{cmc}09$ de xénon. On voit que, sauf l'argon dont la proportion est de $1/100$ environ en volume, les autres gaz sont en proportion très faible, de l'ordre du millionième.

Leur séparation se fait par liquéfaction puis distillation fractionnée de l'air. Cette séparation s'obtient facilement en trois groupes, comme il ressort du tableau suivant, où sont indiquées les températures d'ébullition des gaz sous la pression atmosphérique :

	He	Ne	N ²	A	O ²	Kr	Xe
Vol. %	0,0005	0,0018	78,0	0,932	21,0	0,0001	0,00001
T _E	— 269°	— 246°	— 193°	— 187°	— 183°	— 152°	— 103°
99,9976 %							

La difficulté pour obtenir une séparation avec un bon rendement provient de ce que le groupe moyen renferme la presque totalité du mélange.

Le développement industriel des applications de l'azote et de l'oxygène obtenus par liquéfaction de l'air, a conduit à traiter des quantités d'air de plus en plus considérables. M. Georges Claude indiquait, dans une récente communication à l'académie des sciences, que les grands appareils à oxygène des usines de l'Air liquide à Boulogne traitaient 3.000 mètres cubes d'air par heure ; il est possible d'obtenir dès maintenant plusieurs litres de xénon, plusieurs dizaines de litres de krypton par jour ; quant à l'hélium, au néon et à l'argon, c'est par centaines de litres et par mètres cubes que se chiffre dès maintenant la production journalière.

J'ai indiqué que nous avions, pour l'hélium, d'autres sources que les gaz de l'air. L'hélium apparaît, en effet, comme produit de désintégration radioactive. La radioactivité générale du sol en fournit donc des quantités énormes, mais en général extrêmement disséminées. Dans certaines cas particuliers, cependant, par suite de disposition favorable des terrains, l'hélium peut s'accumuler, soit dans des eaux souterraines d'où il se dégage à la sortie de la

source, soit, par exemple, dans certaines poches souterraines. C'est ainsi que l'on a évalué que, sur une superficie de 80 kilomètres carrés, les champs pétrolifères de Forth-Wort et Dalles, aux Etats-Unis, dégagent, mélangé à d'autres gaz, 6.000 mètres cubes d'hélium par jour, soit 2 millions et demi de mètres cubes par an. De vastes installations ont été organisées pendant la guerre pour récupérer ces gaz combustibles et en séparer l'hélium. Malheureusement, en ce qui nous concerne, le Bureau des mines américain a mis l'embargo sur la production d'hélium, qui est réservé pour les besoins de l'aéronautique. C'est ainsi que le Schenamdoah, dont on se rappelle la catastrophe, contenait 54.000 mètres cubes d'hélium à 15 % d'hydrogène (mélange ininflammable).

Les renseignements qui précèdent suffiront pour montrer que grâce au développement de la technique industrielle, la dénomination de *gaz rares* n'est plus extrêmement justifiée. La production à partir d'une matière première inépuisable, est dès maintenant suffisante et se trouve même en avance pour les besoins de toutes les applications industrielles.

Purification. — Pour ces applications, et notamment pour les applications électriques, il est nécessaire d'avoir des gaz rares extrêmement purs, débarrassés complètement d'oxygène et de vapeur d'eau. Ceci nous oblige à donner quelques renseignements sur les procédés de purification.

Une purification complète par distillation fractionnée n'est pas possible avec un très bon rendement ; on a recours à d'autres méthodes.

On peut obtenir de l'hélium rigoureusement pur en absorbant tous les autres gaz par du charbon de noix de coco refroidi dans de l'hydrogène liquide. A défaut d'hydrogène, l'azote liquide conduit à un mélange d'hélium et de néon, très riche en hélium. La technique de l'absorption par le charbon ou la silice, refroidis plus ou moins fortement, permet aussi de séparer le krypton et le xénon, par exemple de l'oxygène.

Outre ces procédés physiques, il y a intérêt, pour obtenir des gaz débarrassés des gaz usuels, à opérer par absorption chimique.

On peut notamment absorber l'oxygène, l'azote, les gaz organiques par les métaux alcalins ou alcalino-terreux ; l'emploi du calcium chauffé au rouge est particulièrement commode et avantageux.

Un excellent procédé de purification consiste à faire passer une décharge intense, en particulier l'arc entre électrodes de calcium. Des électrodes métalliques quelconques, par une décharge prolongée, produisent d'ailleurs une purification plus ou moins rapide des gaz. Cette purification automatique est bien connue, et utilisée par ceux qui s'occupent de la fabrication des tubes luminescents.

La purification par ionisation intense des gaz peut s'obtenir même sans électrodes métalliques : dans des récipients tout en verre, dans lesquels le gaz est excité en haute fréquence.

Propriétés chimiques. — Avant d'aborder l'étude de la décharge électrique, je voudrais encore rappeler quelques propriétés générales des gaz rares.

Pour placer ces gaz dans la classification périodique des éléments, il a été nécessaire d'ouvrir une nouvelle colonne, entre la VII^e où figurent les halogènes et la I^{re} où se trouvent les alcalins, ainsi qu'il ressort du tableau de Mendéléeff (voy. à la page suivante). On voit que le néon est venu se placer entre le fluor et le sodium ; l'argon, entre le chlore et le potassium ; le krypton, entre le brome et le rubidium ; le xénon, enfin, entre l'iode et le césium. L'hélium est à part, à côté de l'hydrogène.

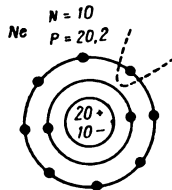
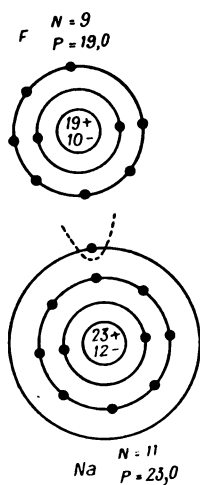
Tous les éléments de cette colonne sont caractérisés par leur absence complète d'affinités chimiques. Cette inertie est attribuée à la constitution électronique de leur anneau périphérique. Sur le tableau de la figure 1, sont représentés schématiquement l'atome de néon et les atomes des éléments voisins, fluor et sodium. L'atome de néon comprend 2 électrons sur l'anneau K, et 8 électrons sur l'anneau L. Les autres gaz rares, sauf l'hélium qui a seulement 2 électrons K, ont aussi 8 électrons sur leur anneau extérieur. Cette constitution à 8 électrons semble être une configuration particulièrement stable, dont tendent à se rapprocher les anneaux différents ; c'est ainsi que le fluor et les halogènes, qui n'ont que 7 électrons, en captent facilement un huitième pour former un ion

1	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
H = 1,008								
2	3	4	5	6	7	8	9	
He = 3,99	Li = 6,94	Gl = 9,1	B = 11,0	C = 12,0	N = 14,01	O = 16,0	F = 19,0	
10	11	12	13	14	15	16	17	
Ne = 20,2	Na = 23,0	Mg = 24,3	Al = 27,1	Si = 28,3	P = 31,04	S = 32,06	Cl = 35,46	
18	19	20	21	22	23	24	25	26
A = 39,88	K = 39,10	Cu = 40,07	Se = 44,1	Ti = 48,1	V = 51,0	Cr = 52,0	Mn = 54,9	Fe = 55,84 Co = 58,9 Ni = 58,7
	29	30	31	32	33	34	35	
	Cu = 63,57	Zn = 65,37	Ga = 69,9	be = 72,5	As = 74,96	Se = 79,2	Br = 79,92	
36	37	38	39	40	41	42	43	44
Kr = 82,92	Rb = 85,45	Sr = 87,63	Y = 83,7	Zr = 90,6	Nb = 93,5	Mo = 96,0		Ru = 101,7 Rh = 103 Pd = 106,7
	47	48	49	50	51	52	53	
	Ag = 107,88	Cd = 112,40	In = 114,8	Sn = 118,7	Sb = 120,2	Te = 127,5	I = 126,92	
54	55	56	57	58	59	60	61	62
Xe = 130,2	Cs = 132,88	Ba = 137,37						
Terres rares.								
67	68	69	70	71	72	73	74	75
						Ta = 181	W = 184,0	
	79	80	81	82	83	84	85	
	Au = 197,2	Hg = 200,6	Tl = 204,0	Pb = 207,2	Bi = 208,0	Po = 210,0		
83	87	88	89	90	91	92		
Em = 222		Ra = 226	Ac = 227	Th = 232,15	Ux ₂ = 234	U = 238,2		

négalif ; inversement, le sodium et les alcalins perdent facilement un électron pour donner un ion positif. Entre les halogènes fortement électronégatifs et les alcalins fortement électropositifs, les atomes

des gaz rares nous apparaissent comme dépourvus d'affinités électropositive et électronégative.

Nous allons voir que ce



NOMBRE atomique	ÉLÉMENT.	NOMBRE D'ÉLECTRONS dans les couches électroniques complètes :						
		K	L	M	N	O	P	Q
2	He	2						
10	Ne	2	8					
18	Ar	2	8	8				
36	Kr	2	8	18				
54	Xe	2	8	18	8			
86	Rn	2	8	18	32	18	8	
92	U	2	8	18	32	18	8	6

Fig. 1.

caractère, qu'avait mis en évidence l'étude chimique des gaz rares, va apparaître aussi très nettement dans l'étude de leurs propriétés électriques.

II. NATURE DES CENTRES ÉLECTRISÉS.

Toutes les expériences qui ont conduit à considérer les courants à travers les gaz comme des courants de convection ont été répétées ou peuvent se répéter pour les gaz rares, et l'on peut considérer comme acquis que les corpuscules en mouvement constituant les courants de convection sont porteurs d'un nombre entier (et généralement d'une unité) de charges élémentaires. En particulier, les expériences sur les rayons cathodiques faites dans différents gaz ont conduit à la notion d'électrons comme constituant commun à toute matière.

En ce qui concerne les charges positives observées dans les gaz rares dans l'étude des rayons positifs, les expériences de J.-J. Thom-

son et d'Aston ont mis en évidence des corpuscules porteurs également d'un nombre entier de charges élémentaires. Les particularités si remarquables que présentent les gaz rares au point de vue du passage de l'électricité, et en particulier la facilité que présente ce passage sous des pressions relativement élevées, ne proviennent donc pas de la grandeur des charges transportées, et il faut y chercher une autre origine.

Disons tout de suite que l'une des causes fondamentales du comportement tout à fait particulier des gaz rares réside dans la permanence d'électrons libres, même sous des pressions élevées et même sous des champs faibles.

Centres électrisés négatifs. — La possibilité de la permanence d'électrons libres dans les gaz sous pression élevée et dans des champs faibles n'a pas été reconnue dans les premières années de l'étude des courants d'ionisation. Les premières mesures des coefficients de diffusion et des mobilités des ions exécutées aux conditions ordinaires de température et de pression avaient conduit aux résultats suivants : les coefficients de diffusion des ions sont environ cinq fois plus petits que les coefficients de diffusion des gaz, par exemple :

$$\begin{aligned} D_+ &= 0,028 \text{ dans l'air privé de poussières,} \\ D_- &= 0,043 ; \end{aligned}$$

les mobilités sont de l'ordre du cm/s sous l'action d'un champ de 1 volt/cm.

La petitesse de ces coefficients démontrait que les électrons ne restaient pas libres dans les gaz utilisés et suggérait même qu'il pouvait se former, autour des centres chargés positifs et négatifs, des agglomérations de molécules neutres attachées, plus ou moins solidement, aux centres chargés par l'action du champ.

Les théoriciens qui se sont occupés de ces questions ont généralement adopté, comme loi d'action de force d'un centre chargé sur une molécule neutre qui se polarise dans son champ, l'expression suivante proposée par M. Langevin :

$$f = \frac{\varepsilon - 1}{2\pi n} \cdot \frac{e^2}{r^2},$$

formule dans laquelle e représente la charge du corpuscule, ϵ la constante diélectrique du gaz, n le nombre de molécules du gaz par unité de volume, r la distance de la molécule au centre chargé.

On peut remarquer que, dans cette formule, la seule constante caractéristique de la nature du gaz est la constante diélectrique. Or les constantes diélectriques des gaz usuels sont peu différentes les unes des autres ; on a, par exemple :

	O ^a	H ^a	N ^a	A
$(\epsilon - 1) \times 10^4$	5,43	2,73	5,81	1,00

Si donc on adopte cette loi de force, on est amené à penser que, dans les différents gaz, la fixation des molécules sur les centres chargés positifs ou négatifs se produit sensiblement avec la même facilité, et l'on voit, en particulier, que l'argon semblerait devoir se comporter d'une manière peu différente de celle de l'oxygène.

* Un premier résultat expérimental en contradiction avec cette manière de voir a été indiqué en 1910 par Franck et Pohl (1) ; ce résultat est relatif aux mobilités des ions dans l'argon bien purifié. Tandis que la mobilité des ions positifs reste petite, de l'ordre de 1,36 cm/s volt/cm, la mobilité des ions négatifs est égale à 200 cm/s volt/cm.

La différence du comportement de ces gaz se manifestait plus clairement encore par le fait qu'il suffisait de très faibles quantités d'oxygène pour diminuer la mobilité et de 1,5 % seulement pour le ramener à une valeur constante 1,7. Bien qu'incomplet, le renseignement ainsi obtenu était d'une importance capitale, puisqu'il montrait le rôle fondamental de la nature des gaz dans la formation des ions.

Dans des expériences de mesure de mobilités, il m'a été possible de mettre en évidence le rôle fondamental de cette affinité électronique, et de montrer par exemple que, dans l'air, les ions négatifs

1. LANGEVIN, *Recherches sur les gaz ionisés* (Ann. de Chim. et de Phys. — FRANCK et POHL, *Verh. d. deuts. Phys. Ges.* 12 (1910), 291.

étaient des ions d'oxygène, les électrons libérés dans l'air par l'agent ionisant, qui, dans le cas étudié, étaient les rayons α du polonium, s'attachant sur les molécules d'oxygène et pas du tout sur l'azote, dont l'affinité électro-négative est beaucoup plus faible.

Il était intéressant de rechercher si, dans les gaz rares, les électrons pouvaient rester libres même sous des pressions élevées et même dans des champs faibles. La démonstration a été basée sur

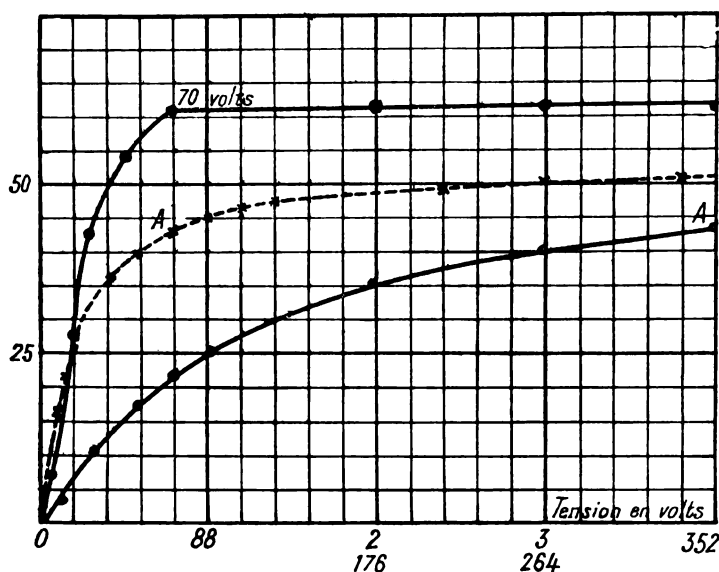


Fig. 2. — Comparaison des courants d'ionisation dans l'air et dans l'argon.

les remarques suivantes : on sait que l'on appelle *courant d'ionisation* le courant qui traverse un gaz ionisé entre les deux armatures d'un condensateur portées à des potentiels différents. L'action de l'agent ionisant restant constante, on sait que l'intensité du courant d'ionisation dépend de la tension appliquée aux armatures de condensateur ; le courant croît en même temps que la tension puis atteint une valeur constante dite *courant de saturation*. On explique ces résultats en remarquant que les ions de signes contraires produits dans le gaz par l'agent ionisant tendent à se recombiner, et que ces effets de recombinaison disparaissent au fur et à mesure que l'intensité du champ augmente. Pour un champ suffisant, la recombinaison

naison est nulle, et l'on recueille tous les ions fournis par l'agent ionisant

Suivant cette manière de voir, on doit s'attendre à ce que le courant de saturation soit d'autant plus facile à obtenir que les ions sont plus mobiles.

Les expériences ont été conduites en collaboration avec M. da Silva ; les résultats en sont représentés sur la figure 2. La courbe inférieure représente le courant d'ionisation dans l'air, et la courbe

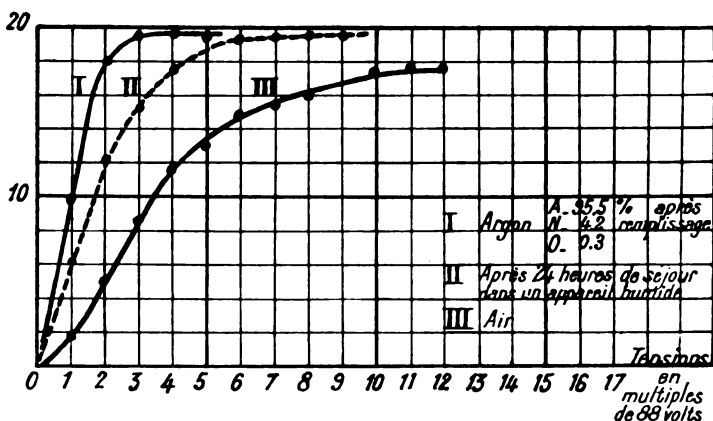


Fig. 3. — Comparaison des courants d'ionisation dans l'air et dans l'argon plus ou moins pur.

en traits mixtes, cette même courbe à échelle plus petite pour les tensions (échelle supérieure) ; on voit que la saturation n'est pas obtenue dans l'air pour 1760 volts (distance des électrodes : 5^{cm}). La courbe supérieure montre que la saturation est obtenue dans l'argon pur pour 70 volts.

Si l'on introduit dans le gaz des impuretés électronégatives, telles que l'oxygène ou la vapeur d'eau, on doit s'attendre à ce que, par suite de la formation d'ions peu mobiles, la saturation soit plus difficile à obtenir, et c'est bien ce que confirme l'expérience (fig. 3). Les quantités d'impuretés à introduire sont d'autant plus faibles que l'affinité électronique est plus grande ; il suffisait d'un proportion de l'ordre du cent millièrme avec l'oxygène et du millio-

nième avec la vapeur d'eau pour produire une déformation notable de la courbe d'ionisation .

Ces résultats ne nous étonneront pas lorsque nous verrons le nombre formidable de chocs qu'un électron subit pour traverser même une faible épaisseur, dans un gaz rare, sous des pressions peu élevées.

Ils nous conduisent aux conséquences suivantes. Dans la formation des ions négatifs, la nature chimique du gaz a une importance considérable. Dans les gaz rares parfaitement purs, les électrons demeurent libres même sous pression élevée et dans des champs faibles ; il est clair que cette propriété donnera un caractère tout à fait particulier au passage de l'électricité dans les gaz rares.

Comme application de ces résultats, on peut citer la mesure des courants d'ionisation intense, sans l'aide de dispositifs spéciaux pour obtenir les hautes tensions, nécessaires pour obtenir la saturation dans le cas des fortes ionisations.

Centres électrisés positifs. — La nature des centres électrisés négatifs étant ainsi établie dans les gaz rares, il reste à fixer celle des centres positifs. Il est probable que, les atomes de gaz rares n'ayant pas plus d'affinité électropositive que d'affinité électronique, il ne se forme pas d'agglomération d'atomes sur les noyaux positifs ; les ions positifs dans ces gaz sont donc probablement monoatomiques.

Les résultats expérimentaux ne donnent aucune indication précise à ce point de vue. Les différences de mobilités entre ions monoatomiques et ions polyatomiques sont beaucoup plus petites que les différences de mobilité entre électrons et ions négatifs, et par suite beaucoup plus difficiles à mettre en évidence.

D'autre part, les conditions de pureté de gaz pour que les ions restent à l'état monoatomiques sont encore plus rigoureuses que pour les électrons, à cause de la plus faible vitesse des ions positifs et du plus grand nombre de chocs qu'ils doivent subir en vertu de leurs plus grandes dimensions.

III. MOUVEMENTS DES CENTRES ÉLECTRISÉS.

La nature des centres électrisés qui transportent les charges dans les gaz rares étant ainsi établie, il convient d'étudier leurs mouvements sous l'influence d'un champ électrique.

Constantes de l'électron. — Nous nous occuperons d'abord du mouvement des électrons. Je rappelle que les constantes relatives à l'électron sont les suivantes : sa masse au repos, ou pour des vitesses inférieures au dixième de la vitesse de la lumière, est :

$$\begin{aligned} m_0 &= 0,899.10^{-27} \text{ gramme ;} \\ \text{sa charge : } e &= 4,774.10^{-10} \text{ UES CGS;} \\ e/m_0 &= 5,307.10^{17} \quad \text{— ;} \end{aligned}$$

Il résulte de ces données que les différents phénomènes physiques qui peuvent intervenir dans le mouvement des électrons sont les suivants.

Forces. — Le champ électrique d'intensité X agit sur l'électron suivant une force, évaluée en dynes, égale à :

$$f = \frac{eX}{300} \quad (X \text{ en volts/cm.} \\ e \text{ en UES CGS.})$$

L'augmentation d'énergie pour un déplacement dX , en sens inverse du champ, sera :

$$dw = \frac{eX}{300} dX \text{ (ergs).}$$

Dans un intervalle de champ uniforme, l'électron prendra une accélération : $\gamma = \frac{eX}{m}$. La vitesse prise, par l'électron dans le vide après une chute de potentiel de V volts est $u = 594 \sqrt{V}$ en km/s. On peut ainsi calculer qu'il suffit de 3/100 de volt pour communiquer à l'électron une énergie cinétique égale à celle des molécules à 15°. Outre l'action des forces électriques, les électrons sont soumis aux forces de diffusion qui prennent naissance dès que la concentration n'est plus uniforme.

Chocs. — Les vitesses des électrons sous l'action des forces précédentes sont modifiées en grandeur, direction et sens lors de leurs rencontres avec les atomes du gaz.

Les effets de ces chocs, en particulier les échanges d'énergie auxquels ils donnent lieu, sont un sujet extrêmement discuté ; il est vrai que la définition même de ces chocs demande à être précisée.

La notion de choc paraît extrêmement claire dans le cas idéal de deux corps solides limités par des surfaces sphériques parfaitement lisses et presque rigoureusement indéformables (boules de billard). Ces corps sont supposés sans action l'un sur l'autre lorsque la distance D des centres est supérieure à la somme $R_1 + R_2$ des rayons. Dès que la distance D devient égale à $R_1 + R_2$, des forces de répulsion extrêmement intenses prennent naissance, qui ont pour effet d'écarter de nouveau les corps l'un de l'autre.

La notion de choc est ainsi liée à l'existence d'une discontinuité très marquée de la force, qui s'exerce entre les particules ; cette discontinuité est liée à une condition géométrique, $D = R_1 + R_2$; elle nous permet d'assigner aux deux corps solides une dimension et une forme géométriques bien déterminées si nous convenons, ce qui est naturel, de les considérer comme limités par la surface sphérique infranchissable sur laquelle ont lieu les chocs.

Pour en revenir au cas qui nous intéresse, choc d'un électron sur un atome, le problème ne se pose pas de façon aussi simple, parce que la constitution électrique de la matière suggère qu'il peut exister des lois de force à distance entre l'électron et l'atome. L'existence d'une loi de force à distance ne présentant vraisemblablement pas de discontinuités brusques enlève toute précision à la notion de dimensions géométriques des atomes, que l'on ne peut plus concevoir, au point de vue de leur rencontre avec les électrons, comme limités par une surface infranchissable, au delà de laquelle les mouvements relatifs sont complètement indépendants.

On peut cependant attribuer encore aux atomes des dimensions géométriques, en les supposant limités par une surface idéale sur laquelle se produisent des phénomènes d'arrêt, de dispersion ou de réflexion des électrons. Suivant cette conception, rien ne s'oppose à ce que la dimension ainsi attribuée aux atomes dépende de la nature du phénomène physique envisagé (arrêt, dispersion, réflexion) et pour chaque phénomène soit fonction de la vitesse des électrons de choc et en particulier de la grandeur de cette vitesse.

De nombreux travaux expérimentaux ont été entrepris sur ces questions. Parmi les plus intéressants en ce qui concerne les gaz rares, je citerai ceux de Ramsauer (1). Le dispositif de Ramsauer est le suivant (fig. 4). Des électrons photoélectriques émis par un plateau

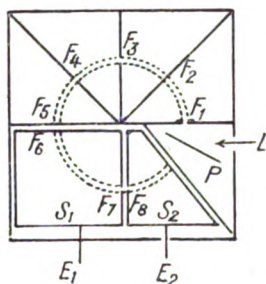


Fig. 4. — Appareil de Ramsauer.

P en zinc, irradié en ultraviolet, sont accélérés entre P et une fenêtre F_1 par un champ électrique. Ce faisceau isocinétique est soumis à l'action d'un champ magnétique uniforme perpendiculaire. Pour une intensité convenable du champ les électrons décrivent une circonférence qui coïncide avec un canal circulaire creusé dans des blocs de zinc, suivant le chemin $F_1 F_2 F_3 \dots F_8$. Les deux derniers secteurs, S_1 et S_2 , peuvent être séparément réunis à un électromètre.

Seuls, arrivent à l'électrode S_2 les électrons qui ont conservé pendant tout le trajet une vitesse constante $\left(v = HR \frac{e}{m}\right)$ (H , champ magnétique ; R , rayon du canal circulaire ; e/m , rapport de la charge à la masse de l'électron) ; toute variation de la vitesse, en grandeur, en direction ou en sens, provoque en effet l'entraînement des électrons sur la surface latérale du canal circulaire.

En réunissant entre elles les électrodes S_1 et S_2 , on diminue d'une distance égale à l'arc $F_6 F_7$ la longueur du parcours des électrons dans le gaz.

Ramsauer a aussi utilisé un appareil à deux trajectoires circulaires différentes.

On peut également faire varier la pression du gaz dans l'appareil qui est contenu tout entier à l'intérieur d'un récipient en verre étanche. L'expérience consiste donc à mesurer les variations de l'intensité i du courant reçu par l'électrode en fonction du parcours x des électrons dans le gaz et de la pression.

1. RAMSAUER a donné récemment un rapport sur la question avec index bibliographique. *Phys. Zeits.*, p. 825, 1928.

Les résultats expérimentaux sont bien représentés par une formule telle que : $i = i_0 e^{-\alpha p x}$ (p , pression en millimètres de mercure) qui exprime que l'appauvrissement du faisceau en électrons est une fonction exponentielle de la pression et du trajet dans le gaz ; α est le coefficient du genre d'absorption étudiée, que l'on peut ainsi évaluer.

Il est facile d'indiquer la signification physique du coefficient d'absorption ; on peut montrer que $\alpha = 1/\lambda$, λ étant le libre parcours moyen des électrons, ou encore que $\alpha = n\pi\sigma^2$, $\pi\sigma^2$ représentant la surface d'un grand cercle de la sphère idéale à laquelle on peut assimiler l'atome au point de vue des rencontres électroniques, et n le nombre d'atomes du gaz sous une pression de 1 millimètre de mercure ($n = 2,705/760.10^{19}$) à la température de l'expérience.

Les courbes donnant α en fonction de $\sqrt{V}$, sont représentées sur la figure 5 ; les abscisses sont donc proportionnelles à la racine carrée du voltage d'accélération des électrons, et par suite à leur vitesse ($\frac{1}{2}mv^2 = eV$) ; les ordonnées sont proportionnelles à la surface des grands cercles des sphères de choc.

On voit, d'après ces courbes, que les gaz rares, sauf l'hélium, se comportent d'une façon tout à fait différente de celle des gaz polyatomiques. Les dimensions atomiques présentent un maximum de plus en plus marqué de l'argon au xénon ; moins marqué pour le néon (échelle des α plus grandes), le maximum est très atténué aussi pour l'hélium.

Autre fait extrêmement remarquable, le cercle de choc tend vers zéro lorsque la vitesse des électrons lents diminue, ce qui signifie que, pour des électrons très lents, il n'y a plus de chocs ralentissant, réfléchissant ou dispersant les électrons, ces cercles de choc deviennent bien inférieurs aux cercles de chocs que l'on peut évaluer d'après la théorie cinétique des gaz dont les valeurs sont marquées sur les clichés à titre de comparaison. (La théorie cinétique conduit à assigner

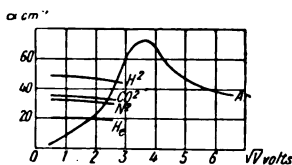


Fig. 5 a. — Coefficient d'absorption des électrons lents, d'après H.-F. Mayer.

nn libre parcours des électrons égal à $4\sqrt{2}\lambda_0$, λ_0 étant le libre parcours atomique.)

L'extrapolation des courbes relatives à l'hydrogène, l'azote, l'hélium semblait indiquer que, pour ces gaz, le diamètre de choc prenait une valeur différente de zéro pour des électrons très lents. Des recherches plus récentes de Brode ⁽¹⁾ et de Brüche ⁽²⁾ ont montré

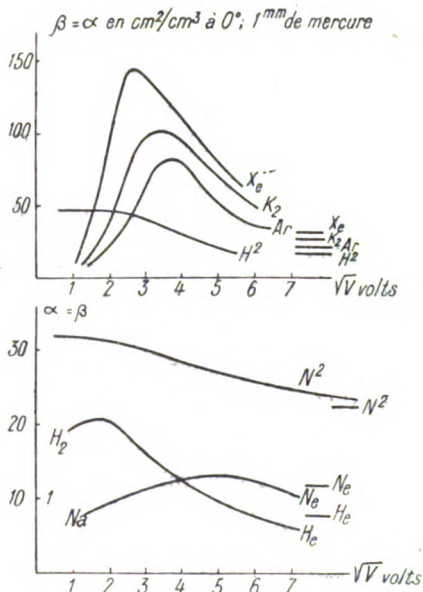


Fig. 5 b.

que, pour ces gaz aussi, il existait un maximum pour une très faible valeur de la tension d'accélération des électrons (au voisinage du volt), maximum bien marqué suivi d'une décroissance brusque.

Il semble donc que le phénomène soit général ; mais ce qui distingue les gaz rares (sauf l'hélium) à ce point de vue, c'est que le cercle de choc devient très petit pour des vitesses électroniques beaucoup plus grandes que dans les autres gaz.

Dans les gaz rares, les électrons pourront donc, plus facilement

1. BRODE, *Phys. Rev.*, 25, 636, 1925.

2. BRÜCHE, *Ann. d. Phys.*, 81, 537, 1926; 82, 912, 1927; 83, 1065, 1917.

que dans les autres gaz, atteindre des vitesses élevées, susceptibles de provoquer leur excitation ou même leur ionisation.

Les recherches de Brode et de Brüche ont encore montré que certains gaz polyatomiques se comportent comme les gaz rares ; c'est, par exemple, le cas du méthane. Si l'on remarque que le méthane présente vraisemblablement une certaine analogie de constitution avec les gaz rares, on est conduit à penser que l'allure des courbes de Ramsauer est étroitement liée à la constitution électronique externe des atomes, c'est-à-dire, en définitive, à la distribution des champs de force qui entourent l'atome. Faute de connaître ces champs de force, il paraît bien difficile de tenter une explication des phénomènes indiqués.

Dans le tableau suivant sont indiquées les vitesses en volts des électrons qui correspondent aux maxima d'absorption V_M ; le rapport ρ du cercle de choc, pour ces vitesses, au cercle de choc déduit de la théorie cinétique ; les potentiels d'excitation V_r et d'ionisation V_i ; enfin la différence $V_i - V_M$:

Gaz	V_M	ρ	V_r	V_i	$V_i - V_M$
Ne	25	1	16,6 — 18,5	21,5	— 3,5
A	13,2	4,4	11,5 — 13,0 — 13,9	15,4	2,2
Kr	11,3	4,2	9,9 — 10,5 — 11,5	13,0	2,7
X	6,4	4,9	8,3 — 9,9 — 11,10	11,5	5,1
He	3,2	2,5	19,75 — 20,50	24,6	21,4

L'examen de ce tableau conduit aux remarques suivantes.

Nous voyons que V_M est inférieur au potentiel d'ionisation V_i pour tous les gaz sauf pour le néon, et que ρ est plus grand que l'unité sauf aussi pour le néon.

C'est au contraire dans l'hélium que la différence $V_i - V_M$ est maximum.

Dans le tableau, les gaz ont été classés dans l'ordre des différences $V_i - V_M$ croissantes ; on retrouve la même succession en rangeant les gaz dans l'ordre des cohésions diélectriques croissantes ;

on peut penser que cette coïncidence n'est pas fortuite ; et que si les électrons ne sont que rarement arrêtés jusque et au delà la vitesse suffisante à l'ionisation par choc, celle-ci se produira plus facilement et inversement. Dans l'argon et le krypton le maximum d'absorption coïncide avec le premier potentiel de résonance.

Les expériences de Ramsauer ne permettent pas de savoir si les électrons sont réfléchis, dispersés ou arrêtés, par exemple pour la formation d'ions négatifs.

Des expériences dues à Franck et Hertz ont donné des renseignements sur ces questions. Les résultats auxquels elles ont conduit sont les suivants : Les gaz se distinguent en deux catégories ; ceux qui ont une tendance à capter les électrons, dont on dira qu'ils sont électronégatifs et ceux qui n'ont aucune affinité électronique. Les premiers seront susceptibles de former des ions et dans une telle formation les électrons seront arrêtés ; dans les gaz sans affinités électroniques (et c'est le cas des gaz rares), les électrons sont réfléchis.

Ce sont également des expériences dues à Franck et Hertz qui ont permis de déterminer quels étaient les échanges d'énergie qui se produisent dans la rencontre d'un électron de faible vitesse avec un atome de gaz rare. Le résultat fondamental de ces expériences est le suivant. La perte d'énergie est la même que celle qui se produirait dans un choc parfaitement élastique, c'est-à-dire que la quantité de mouvement et aussi la somme des forces vives des particules restent constantes. Dans un tel choc, Hertz a calculé qu'un électron possédant une énergie E avant le choc perd la quantité

$$p = \frac{2m}{M} E,$$

m étant la masse de l'électron, M la masse de l'atome de gaz rare. Si l'on remplace m par sa valeur, $0,899 \times 10^{-27}$ grammes et M par la masse de l'atome d'hélium, $M = 4/N$ (N étant le nombre d'Avogadro, $60,5 \times 10^{22}$) on trouve :

$$p = 2,7 \cdot 10^{-4} E,$$

c'est-à-dire que l'électron ne perd qu'une fraction très petite de son énergie.

La fraction perdue est encore plus faible dans les autres gaz rares : pour le néon, dont le poids atomique est de 20, le coefficient de perte est cinq fois plus petit ; il est 32 fois plus petit dans le xénon, dont le poids atomique est de 130.

L'énergie ainsi perdue par l'électron de choc est transformée en énergie cinétique des atomes du gaz rare ; c'est donc dans l'hélium que cette transformation sera maximum, et ce fait est sans doute en relation avec un résultat d'observation, suivant lequel c'est dans les tubes lumineux à hélium que se produit la plus grande élévation de température de la colonne gazeuse.

G. Hertz a étudié théoriquement le mouvement des électrons dans les gaz. Les calculs ont été conduits dans la double hypothèse 1° que la perte d'énergie d'électron à chaque choc n'était qu'une faible fraction de l'énergie de l'électron au moment du choc, et 2° que l'énergie gagnée entre chaque choc n'était faible par rapport à l'énergie déjà acquise. Les résultats des calculs s'appliquent donc bien au mouvement des électrons dans les gaz rares, avant que ne se produisent l'excitation ou l'ionisation. Ces résultats sont les suivants.

L'énergie cinétique E_x que possède un électron, après traversée d'une épaisseur x de gaz, dans la direction d'un champ uniforme X est :

$$E_x = \frac{.leX}{\sqrt{2k}} \cdot \frac{e^{2\sqrt{\frac{2k}{\lambda}}x/\lambda} - 1}{e^{2\sqrt{\frac{2k}{\lambda}}x/\lambda} + 1},$$

formule dans laquelle l représente le libre parcours moyen de l'électron, et k le coefficient de perte, égal dans le cas des gaz rares à $2m/M$.

Vitesse limite. — Lorsque x devient égal à un très grand nombre de libres parcours, ce qui, aux pressions élevées, se produira pour des distances x très petites, l'énergie E_x tend vers une limite :

$$E_x = \frac{.leX}{\sqrt{2k}}.$$

c'est-à-dire que la vitesse de l'électron tend vers une limite donnée par :

$$\frac{1}{2} mu^2 = E_x.$$

Cette vitesse u est la vitesse de l'électron sur sa trajectoire qu'il faut distinguer de la vitesse de progression w dans le sens du champ.

On montre facilement que u et w sont liés par la relation :

$$w = \frac{eX.l}{wu}.$$

on en déduit facilement

$$w_{\infty} = u_{\infty} \sqrt{\frac{k}{2}},$$

c'est-à-dire que la vitesse de progression dans le sens du champ atteint aussi une limite, d'autant plus petite par rapport à la vitesse limite de trajectoire que le coefficient de perte est plus petit.

Dans le cas de l'hélium, par exemple, où k est de l'ordre de 10^{-4} w est 100 fois plus petit que u .

Image. — On peut alors se faire l'image suivante du mouvement des électrons dans un gaz rare.

Sous l'action du champ, l'électron prend entre deux chocs un mouvement uniformément accéléré, d'accélération

$$\gamma = \frac{eX}{m};$$

les vitesses après chaque choc ayant des directions quelconques, il décrira des segments de parabole (fig. 6). Sur la figure, les atomes

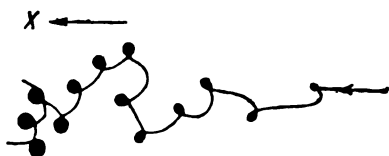


Fig. 6.

du gaz ont été représentés schématiquement de plus en plus gros et serrés pour rendre compte de l'effet Ramsauer lorsque la vitesse de l'électron de choc augmente.

On peut évaluer la longueur l des chemins paraboliques décrit pour un chemin de longueur x dans le sens du champ ; on trouve :

$$l = \frac{x^2}{.l};$$

et aussi le nombre de chocs pour un parcours x dans le sens du champ ;

$$\text{on trouve : } n = \frac{x^3}{\lambda^3}.$$

Appliquons ces résultats aux exemples suivants :

1° Soit un tube au néon d'un mètre de long, sous une pression de 5 millimètres à 0°. Le libre parcours, qui à 0°, sous une pression de 1 millimètre, est égal à $5,41 \cdot 10^{-2}$, sera environ de 10^{-2} centimètres. On aura donc : $l = 10^8$ centimètres, soit 10 kilomètres ; le nombre de chocs sera de 100 millions.

2° Soit une chambre d'ionisation à argon, sous la pression atmosphérique ; supposons une distance de 5 centimètres entre les plateaux ; le libre parcours est, dans ces conditions, de $36 \cdot 10^{-6}$ centimètres. On trouve : $l = 7$ kilomètres environ et 2 milliards de chocs.

Ces nombres nous permettent de nous rendre compte de l'effet des impuretés, même à l'état de traces. Si nous supposons, par exemple, que l'argon contienne des molécules d'eau dans la proportion de 1/100.000, le nombre des chocs d'un électron sur les molécules d'eau sera encore de 20.000. Il suffira donc qu'un choc sur 20.000 conduise à la fixation de l'électron sur une molécule d'eau pour que l'électron cesse de rester libre dans le gaz. On voit quel extrême degré de pureté des gaz rares il est nécessaire de réaliser, notamment aux pressions élevées, si l'on veut que les électrons y demeurent libres, et que la décharge électrique conserve son caractère tout à fait particulier.

IV. EMISSION DE RADIATIONS OU IONISATION DU GAZ.

Tant que le champ n'est pas trop intense, l'énergie communiquée par le champ est ainsi dépensée en chocs élastiques, et elle se retrouve sous forme d'énergie d'agitation des atomes du gaz, c'est-à-dire en chaleur. Lorsque le champ augmente, l'énergie cinétique limite $E = \frac{\lambda e X}{\sqrt{2k}}$, de l'électron n'augmente pas indéfiniment ; car les chocs peuvent cesser d'être élastiques ; les électrons de choc au lieu de perdre une quantité d'énergie très faible $k E$, peuvent en céder des quantités importantes ; en même temps apparaissent des

phénomènes nouveaux : émission de radiations ou ionisation du gaz.

Les différents apports d'énergie E_r , nécessaires pour provoquer l'émission de radiation sans ionisation, sont dites *énergies d'excitation ou de résonance* du gaz ; on définit de même l'*énergie d'ionisation* E_i .

Il correspond à ces énergies E_r , E'_r , E''_r ,... et à l'énergie E_i , des différences de potentiel V_r , V'_r , V''_r ,..., V_i , définis par les équations telles que $E_r = e V_r$,..., $E_i = e V_i$, qu'on appelle *potentiels de résonance et d'ionisation*.

Ce sont des constantes critiques caractéristiques de chaque gaz.

Suivant la théorie de Bohr les énergies de résonance correspondent aux différents travaux nécessaires pour élever un électron de l'anneau périphérique normal aux anneaux virtuels successifs. Ces énergies de résonance forment une suite de nombres qui croissent de plus en plus lentement ; ils ont en quelque sorte comme limite l'énergie d'ionisation du gaz.

Les atomes excités ne restent généralement pas longtemps dans cet état ; au bout d'un temps évalué à 10^{-8} seconde, les électrons amenés sur des niveaux virtuels reviennent à leur niveau d'origine, soit directement, soit par sauts successifs. A chaque saut, correspondant à une perte d'énergie potentielle ΔE_r , apparaît une émission de lumière monochromatique dont la fréquence est donnée par la relation d'Einstein :

$$\Delta E_r = e \Delta V_r = h\nu, \quad (h = 6,55 \cdot 10^{-27} \text{ ergs/sec : constante de Planck}),$$

relation qui conduit à l'équation plus utile dans la pratique :

$$\Delta V = 12348 \quad (\Delta \text{ en UA}^\circ, \quad V \text{ en volts}).$$

Le spectre visible s'étend entre $0^\mu,8$ et $0^\mu,4$, soit entre 8000 et 4000 UA $^\circ$; les radiations visibles correspondent donc à des différences de potentiel comprises entre 1 $^\nu,5$ et 3 volts.

S'il existe simultanément dans le gaz un grand nombre d'atomes, dans chacun desquels un électron revient de l'infini à son niveau de départ par des échelons différents, tout le spectre de raies du gaz est émis, les différentes raies brillant avec une intensité qui dépend des probabilités de réalisation des différents sauts d'énergie.

Les potentiels critiques sont donc une donnée extrêmement

importante d'un gaz, et il est intéressant en particulier de comparer ceux des gaz rares à ceux des autres atomes.

Pour faciliter cette comparaison, j'ai construit le tableau de la figure 7. En abscisses, sont portés les nombres atomiques ; en ordonnées, les potentiels d'ionisation des différents atomes (1).

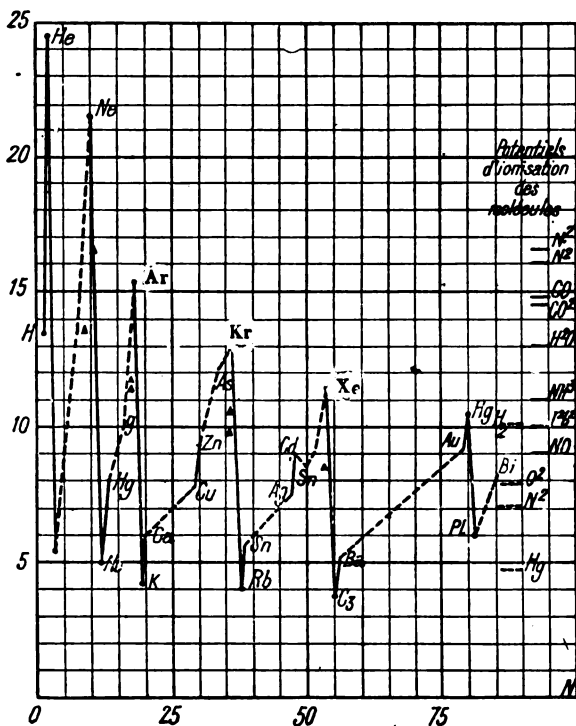


Fig. 7. — Potentiels d'ionisation en fonction du nombre atomique.

Tous ne sont pas encore connus. On a réuni en traits pleins les points correspondant à des éléments successifs de la classification périodique des éléments, et en traits mixtes les points entre lesquels existent une ou plusieurs lacunes.

On voit que les potentiels d'ionisation présentent une périodicité et un amortissement. Les potentiels d'ionisation des gaz rares occu-

1. Un tableau analogue mais plus complet vient d'être publié : ROLLA et RICCARDI, *Phil. Mag.*, 42, 286, février 1929.

pent des places remarquables aux sommets des oscillations, tandis que les alcalins ont les potentiels d'ionisation les plus faibles.

Sur le tableau, on a porté aussi quelques potentiels de résonance des gaz rares, notamment les premiers. On voit que ces potentiels d'excitation se trouvent supérieurs à la plupart des potentiels d'ionisation des autres éléments.

En marge, sont figurés des potentiels d'ionisation et de résonance de quelques molécules de gaz usuels ; il est à remarquer aussi qu'ils sont souvent inférieurs aux potentiels de résonance des gaz rares. Je reviendrai plus loin sur cette remarque.

L'ensemble des raies d'émission dont il vient d'être parlé, qui apparaissent après l'ionisation de l'atome, constituent le *spectre d'arc*. Le tableau suivant donne quelques-unes des raies principales des gaz rares.

He	Ne	Ar	Kr	Xe
7065 (R)	7032 (R)	7067 (R)	5870 (O)	4844 (B)
6678 (R)	6929 (O)	6966 (R)	5570 (V)	4671 (B)
5875 (J)	6505 (O)	4333 (I)	4463 (I)	4603 (B)
5015 (V)	6402 (O)	4272 (I)	4453 (I)	4524 (I)
4921 (B)	6382 (O)	4200 (V)	4355 (I)	4500 (I)
4713 (B)	6334 (O)	4158 (V)	4319 (I)	
4471 (I)	6143 (O)		4318 (I)	
	6096 (J)			
	5944 (J)			
	5852 (J)			
	5330 (J)			

Dans le cas de l'hélium, le spectre est très simple, et ne comprend que quelques raies dans le visible, en particulier la belle raie jaune 5876 U A°. Le néon possède un grand nombre de raies intenses dans l'orangé et le jaune, d'où l'aspect bien connu des *tubes au néon*. L'argon pur, faiblement excité, est très peu lumineux, et il en est de même et plus encore pour le krypton et le xénon.

Lorsqu'un atome déjà ionisé perd un deuxième électron, les

raies émises sont différentes ; elles forment ce que l'on appelle le *spectre d'étincelle*, qui, dans des conditions convenables d'excitation, coexiste avec le spectre d'arc. Suivant le mode d'excitation la lumière émise par un tube varie énormément. Caractéristiques, à ce point de vue, sont les excitations d'un tube à xénon en basse ou en haute fréquence : en basse fréquence, le tube n'émet qu'une faible luminosité violet indigo ; en haute fréquence, il émet une très belle lumière presque blanche.

Je ne puis insister davantage sur le point de vue optique de ces phénomènes.

Pour revenir au point de vue de la décharge électrique. Ces phénomènes se compliquent énormément à partir du moment où a commencé l'excitation des gaz, et cela en particulier dans les gaz rares, où des phénomènes qui restent secondaires dans les gaz usuels peuvent prendre une très grande importance.

Voici quelques-uns de ces phénomènes.

Excitation et ionisation par degrés. — Supposons qu'un électron rencontre un atome déjà excité ; on conçoit qu'il puisse lui céder son énergie et l'amener soit à un état d'excitation supérieure, soit même en provoquer l'ionisation.

Dans les gaz usuels, où les molécules ne subsistent qu'un temps extrêmement court à l'état d'excitation (10^{-8} seconde), la probabilité composée de deux chocs électroniques successifs sur un même atome est pratiquement nulle, même lorsque le gaz est fortement excité. Dans les gaz rares, au contraire, certains états d'excitation sont durables, et ne peuvent disparaître que par un apport supplémentaire d'énergie. Tel est le cas, par exemple, de l'hélium pour l'état d'excitation qui correspond à $19^{\text{V}},77$, pour le néon ($16^{\text{V}},5$), pour l'argon ($11^{\text{V}},5$) ; le krypton et le xénon en ont probablement aussi.

Ces états d'excitation durables, que l'on désigne sous le nom d'*états métastables*, en augmentant la densité des atomes excités, rendent beaucoup plus probables l'excitation ou l'ionisation par degré et fournissent un des éléments d'explication au fait surprenant suivant lequel la décharge disruptive commence plus facile-

ment dans les gaz rares que dans les autres gaz, alors que leurs potentiels d'ionisation sont plus élevés.

Chocs de seconde espèce. — L'existence des états métastables rend aussi infiniment plus probable dans les gaz rares que dans les gaz usuels un autre mécanisme de chocs dont la possibilité a été indiquée par Klein et Rosseland, mécanisme qui permet d'expliquer des phénomènes assez surprenants.

Voici en quoi consistent ces chocs. Supposons qu'un électron rencontre un atome de néon déjà excité : dans le choc, l'atome revient à l'état normal ou à un état d'excitation moindre ; le rayonnement, qui, en général, est émis, *n'est pas émis*, et l'énergie correspondant au quantum est communiquée à l'électron de choc sous forme d'énergie cinétique supplémentaire. Suivant ce mécanisme, un électron gagne de l'énergie dans le choc au lieu d'en perdre.

On conçoit également qu'un tel mécanisme puisse faciliter l'ionisation par choc, et par suite faire apparaître la décharge disruptive pour des champs moins intenses. Ce processus prend, en particulier, certainement une très grande importance dans le néon, où l'excitation du gaz ne se manifeste pour ainsi dire pas avant l'ionisation, ainsi qu'il a été établi notamment par Holst et Oosterhuis.

Les chocs de seconde espèce peuvent aussi se produire entre un atome excité du gaz et un atome neutre. L'atome excité revient à l'état normal, l'atome neutre prend un supplément d'énergie cinétique, et il n'y a pas d'émission de lumière. On explique ainsi l'apparition d'énergie d'agitation thermique par un processus électronique. Il est probable que ce mécanisme joue en particulier dans l'hélium, dont l'échauffement par la décharge est très remarquable.

Enfin les chocs de seconde espèce peuvent se produire entre un atome excité du gaz et un atome ou une molécule d'un gaz en proportions minimes, constituant par exemple une impureté dans le gaz rare. Imaginons par exemple, qu'un atome d'argon métastable rencontre un atome de mercure : il peut arriver que l'atome d'argon revienne à l'état normal, et que l'énergie non émise soit utilisée

pour provoquer l'excitation ou même l'ionisation de l'atome de mercure. Ce mécanisme ne peut jouer que si le potentiel de résonance correspondant à l'état métastable est supérieur au potentiel d'excitation ou d'ionisation de l'atome rencontré ; mais cela se produira souvent dans les gaz rares, pour lesquels, comme je l'ai fait remarquer précédemment, les potentiels de résonance sont très élevés.

Un tel processus nous explique que de très faibles quantités d'impuretés dans un gaz rare puissent fournir une lumière intense, et étouffer presque l'émission du gaz rare lui-même. C'est ainsi que les tubes néon-mercure sont bleus et qu'il suffit de très faibles proportions de néon dans l'hélium pour avoir le spectre du néon. Ces phénomènes seront évidemment de moins en moins marqués dans le krypton et le xénon, dont les potentiels de résonance sont plus faibles.

Ce mécanisme nous explique aussi pourquoi certaines impuretés abaissent le potentiel disruptif des gaz rares. Une étude quantitative faite par Penning (1) a montré que les impuretés qui produisent cet effet sont celles dont le potentiel d'ionisation est inférieur au potentiel de résonance de l'état métastable du gaz rare. C'est ainsi qu'une proportion de 2.10^{-4} de krypton dans le néon abaisse de 350 à 170 volts la tension explosive du néon. Au contraire, l'introduction de krypton (potentiel d'ionisation : $13^v,3$) dans l'argon, dont le potentiel de résonance est de $11^v,5$, ne modifie pas le potentiel explosif de l'argon.

V. PHÉNOMÈNES ACCESSOIRES.

Lorsque l'excitation et l'ionisation du gaz ont commencé, outre les différents phénomènes qui viennent d'être décrits, d'autres encore viennent compliquer l'étude de la décharge.

C'est d'abord l'existence dans le gaz de charges spatiales, dont la densité n'est plus négligeable et dont la présence modifie complètement la distribution du champ entre les électrodes. Ce sont les phénomènes de recombinaison entre les ions des deux signes, les phénomènes de diffusion qui prennent d'autant plus d'importance

1. PENNING, *Zeits. f. Phys.*, vol. 46, p. 325, janvier 1928.

que les gradients de concentration sont plus considérables ; interviennent encore la forme des tubes à décharge et celle des électrodes ; l'extraction des électrons du métal de la cathode par le choc des ions positifs, l'effet photoélectrique des radiations sur les électrodes, etc...

Tous ces phénomènes réagissent les uns sur les autres d'une manière extrêmement complexe. Aussi l'étude de la décharge dans ces conditions est-elle loin d'être achevée. Je me bornerai à donner quelques renseignements sur deux grandeurs très importantes au point de vue pratique : 1° les potentiels disruptifs ; 2° les chutes cathodiques normales.

Potentiels disruptifs. — On sait que l'on désigne sous le nom de *potentiel explosif* la différence de potentiel qu'il est néces-

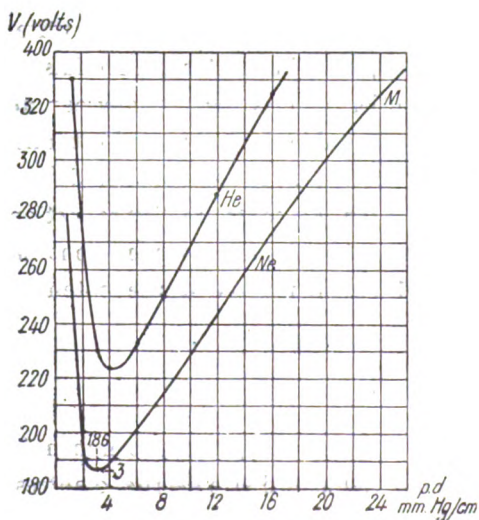


Fig. 8. — Potentiels explosifs dans le néon et l'hélium (électrodes planes en nickel).

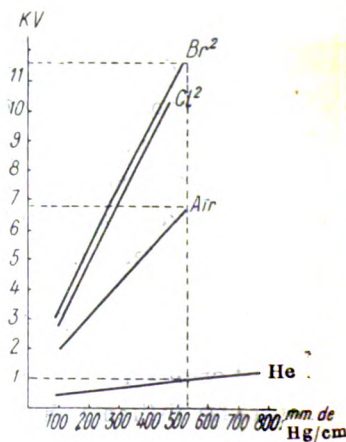


Fig. 9. — Potentiels explosifs (Orgler et Ritter).

saire d'établir entre deux électrodes situées dans un gaz pour obtenir une décharge autonome c'est-à-dire capable de subsister sans l'action d'un agent ionisant. Le potentiel explosif dépend de la nature du gaz, de sa pression, de la forme et de la distance des électrodes,

et aussi de la nature de la cathode ainsi que l'ont montré des expériences récentes.

Lorsqu'il s'agit d'électrodes planes pour un gaz donné et pour une cathode de substance donnée, le potentiel explosif ne dépend que du produit $p d$ de la pression et de la distance des électrodes.

La figure 8 représente les courbes $V = f(p d)$ dans le néon et l'hélium parfaitement purs avec des électrodes de nickel. On voit que ces courbes présentent un minimum au voisinage de 185 volts pour le néon pour une valeur du produit $p d = 3,6$. Il est à remarquer que d est compté en centimètres. Il résulte de la courbe que, sous une pression d'un millimètre (point M de la courbe) une différence de potentiel de 330 volts seulement amorce la décharge entre des électrodes distantes de 24 centimètres.

Pour les autres gaz la montée de la branche droite des courbes est beaucoup plus rapide comme on en pourra juger par la figure 9. On voit que, pour une pression de 530 millimètres de mercure et une distance de 2^{mm},6, le potentiel explosif, (entre sphères) qui est seulement de 1000 volts dans l'hélium est de 7.000 volts dans l'air et supérieur à 10.000 volts dans les gaz fortement électroniques (chlore et brome).

Le tableau suivant donne une indication des potentiels explosifs minima dans différents gaz :

Gaz.	V_m	$p_m^{mm} d_m^{mm}$
He.	261-156	17-40
Ne	225	30
A	233	8
Air	356-327	5,1-5,9
N ²	388-251	6-7
H ²	308-273	11-14
O ²	450-440	5-7
CO ²	420	5

Les résultats expérimentaux sont très peu concordants (en parti-

culier, la valeur relative au néon ne concorde pas avec la valeur déjà indiquée); on a donné les valeurs extrêmes.

Les valeurs des potentiels explosifs dépendent, comme il a été dit, de la nature de la cathode et même de la couche superficielle: par exemple, des traces de métaux alcalins, déposés sur la cathode, abaissent beaucoup le potentiel explosif. J'ai déjà indiqué que, pour les gaz rares en particulier, des traces d'impuretés peuvent abaisser ou élever le potentiel explosif.

Chutes cathodiques normales. — On désigne ainsi la différence de potentiel qui existe entre la cathode et le début de la lumière

	Air.	O ²	N ²	H ²	He	Ne	Ar	Cl ²	Br ²	I ²	Hg
Sodium . . .	—	—	178	185	80	75	—	—	—	—	—
Potassium . .	—	—	170	94	59	68	64	—	—	—	—
Amalg. Na-K.	—	—	125	142	78	73	63	—	—	—	—
Rubidium . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Césium . . .	375	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cuivre . . .	279	—	208	214	177	—	131	—	—	—	—
Argent . . .	—	—	243	216	162	—	131	—	—	—	—
Or . . .	285	—	233	247	—	—	131	—	—	—	—
Magnésium . .	224	310	188	153	125	94	119	—	—	—	—
Calcium . . .	—	—	157	—	86	86	93	—	—	—	—
Strontium . .	—	—	157	—	86	—	93	—	—	—	—
Baryum . . .	—	—	157	—	86	—	93	—	—	—	—
Zinc . . .	277	354	216	184	143	—	119	—	—	—	—
Cadmium . . .	266	—	213	200	—	—	119	—	—	—	—
Mercure . . .	—	—	226	—	142	—	—	—	—	—	340
Aluminium . .	229	311	179	171	141	120	100	280	—	—	—
Thallium . . .	—	—	—	—	—	125	—	—	—	—	—
Charbon . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Étain . . .	266	—	216	226	—	—	123	—	—	—	—
Plomb . . .	207	—	210	223	—	—	123	—	—	—	—
Antimoine . .	209	—	225	252	—	—	135	—	—	—	—
Bismuth . . .	272	—	210	240	137	—	135	—	—	—	—
Molybdène . .	—	—	—	—	—	115	—	—	—	—	—
Tungstène . .	—	—	—	—	—	125	—	—	—	—	—
Fer . . .	209	343	215	198	161	—	131	—	—	—	389
Nickel . . .	226	—	197	211	—	—	131	—	—	—	—
Cobalt . . .	381	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pd . . .	420	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ir . . .	379	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Platine . . .	277	364	216	276	145	132	131	275	275	377	340

néga-tive tant que toute la surface de la cathode n'est pas recouverte par la gaine cathodique. Tant qu'il en est ainsi, la chute cathodique

a une valeur minimum, qui est indépendante de l'intensité du courant de décharge et de la pression du gaz.

Dans la pratique, il y a intérêt à pouvoir alimenter les tubes lumineux sous des tensions aussi basses que possible. Le tableau de la page précédente montre que c'est justement dans les gaz rares que la chute cathodique est la plus basse, en particulier avec des cathodes recouvertes de métal alcalin. Dans un tube à argon de faible longueur, avec une cathode de potassium ou recouverte d'une dépôt de potassium, il sera facile d'obtenir la décharge sous une centaine de volts seulement.

Disons enfin que la possibilité d'utiliser des gaz rares sous pressions assez élevées sans de trop grandes tensions est extrêmement importante au point de vue de la *durée* des tubes à décharge. On sait, en effet, que certains gaz, comme par exemple l'azote ou le gaz carbonique, émettent de belles lumières se rapprochant de la lumière blanche. Malheureusement ces tubes ne peuvent fonctionner, sous des tensions pas trop élevées, que pour de très faibles pressions. Sous ces faibles pressions, le gaz est assez rapidement absorbé, soit par action chimique, soit par occlusion dans les parois ou les électrodes, et les tubes n'ont qu'une durée éphémère. De nombreux procédés ont été essayés pour alimenter automatiquement les tubes ; en fait, aucun ne s'est montré véritablement pratique, et, à ce point de vue encore, les gaz rares sont de beaucoup les plus avantageux.

VI. APPLICATIONS.

Je ne ferai que citer, pour terminer, les principales applications des gaz rares.

1^o Tubes lumineux, où l'on utilise la luminosité de la colonne positive (publicités, éclairage), fonctionnant sous des tensions de l'ordre du millier de volt :

- tubes jaune orangé au néon, tubes Claude,
- tubes jaune saumon à l'hélium,
- tubes bleu (argon-mercure ou néon-mercure),
- tubes vert (argon-mercure-verre d'urane) ;

2^o Lampes à électrodes rapprochées, où on utilise la lumière

émise par la gaine cathodique fonctionnant sous basse tension (lampe Phillips);

3° Soupapes luminescentes, utilisant des électrodes dissymétriques (genre Raythéon, par exemple) pouvant servir à l'alimentation de plaque de lampes de T.S.F., à la charge de petites batteries d'accumulateurs ;

4° Soupapes à arc, genre redresseur à mercure, cathode amalgame alcalin, atmosphère de gaz rare.

5° Tubes thermoioniques à gaz, genre Tungar ;

6° Indicateurs de tension, signalisateurs, lampes stroboscopiques, etc...

Je tiens, en terminant, à remercier M. Georges Claude et M. Ayçoberry, directeurs du « Néon », qui ont bien voulu mettre à ma disposition les appareils utilisés pour les expériences faites pendant cette conférence.

LE BUREAU AUTOMATIQUE « CARNOT »,

par G. POCHOLLE, J. ROUVIÈRE et A. LABROUSSE.

ingénieurs des Postes et Télégraphes.

(suite)

II. RELATIONS AVEC LES BUREAUX MANUELS.

Les communications entièrement automatiques qui ont été étudiées dans le précédent article (1), ne forment actuellement qu'une faible partie du trafic du bureau automatique « Carnot » : les compteurs de trafic installés à ce bureau indiquent que le trafic local, entièrement automatique n'excède pas le dixième du trafic total des départs.

Le présent article (2) a trait aux communications demandées par les abonnés automatiques vers les bureaux manuels.

Les problèmes posés par la coexistence des deux systèmes de commutation, automatique et manuelle, coexistence rendue nécessaire pendant de nombreuses années par l'importance de la transformation d'un réseau tel que celui de Paris, sont extrêmement variés et complexes. On a posé tout d'abord en principe qu'à Paris les abonnés n'auraient jamais besoin de savoir si leur correspondant est relié à un bureau manuel ou à un bureau automatique, contrairement à ce qui se passe par exemple à Berlin, où chaque abonné doit connaître à chaque instant l'état de transformation du réseau.

Lorsqu'un abonné automatique demande un abonné manuel, tout se passe, pour le demandeur, comme si le demandé était lui-

1. Par MM. G. Pocholle et A. Labrousse : *Annales des P.T.T.*, mai 1929, p. 420.

2. De MM. J. Rouvière et A. Labrousse.

Ann. des P.T.T., 1929-VII (18^e année).

même automatique : le demandeur compose son numéro à la manière habituelle ; l'enregistreur automatique aiguille son appel vers une position dite « à indicateur lumineux d'appels » sur laquelle il fait apparaître en chiffres lumineux le numéro demandé ; l'opératrice qui dessert cette position donne suite à l'appel vers un abonné manuel.

Les indicateurs lumineux d'appels peuvent être placés soit sur les groupes d'arrivée des bureaux manuels destinataires, soit sur des groupes tandem. Dans le premier cas, l'opératrice B qui dispose du multiplage des abonnés enfiche le jack général qui lui est désigné par l'indicateur ; dans le second cas, l'opératrice tandem transmet par ligne d'ordres à l'opératrice B du bureau destinataire le numéro apparu sur l'indicateur.

La première solution ne fait intervenir qu'une seule opératrice dans la liaison automatique-manuel. Elle est donc plus économique que la seconde. Elle est aussi plus sûre, puisque le numéro n'est plus transmis verbalement. Mais elle nécessite, avant l'ouverture d'un bureau automatique, la réalisation de travaux considérables dans tous les bureaux manuels du réseau.

De tels travaux n'ont pas été entrepris avant l'ouverture de « Carnot ». Il était en effet nécessaire de ne point retarder cette mise en service, dont le constructeur aussi bien que l'administration attendaient les résultats avec impatience. De plus, il était prudent pour un essai de cette importance, de localiser les difficultés au lieu de les éparpiller dans toute l'étendue du réseau.

On a donc adopté, pour le bureau « Carnot », la solution des positions tandem sans monocordes placées dans le bureau automatique de départ. Il va sans dire que cette solution est particulière au bureau « Carnot », et qu'elle est seulement provisoire. Des travaux sont en cours dans la plupart des bureaux manuels pour doter ces bureaux d'indicateurs lumineux. Seuls, les bureaux les plus anciens, destinés à être prochainement désaffectés, continueront à être desservis par des positions tandem à indicateurs d'appels.

Il est bon de signaler ici que les positions tandem du réseau de Paris sont d'une conception nouvelle. Aucun autre réseau automatique n'est doté de positions de ce genre. Ces positions nouvelles

se signalent par la simplicité de leur réalisation et par leur très grande commodité d'exploitation.

Principe des positions tandem à indicateur d'appels. —

Le diagramme de la figure 1 indique le principe de l'acheminement d'un appel vers un bureau manuel.

Sous le contrôle de l'enregistreur traducteur, des sélecteurs de bureau aiguillent l'appel sur une ligne vers le bureau manuel

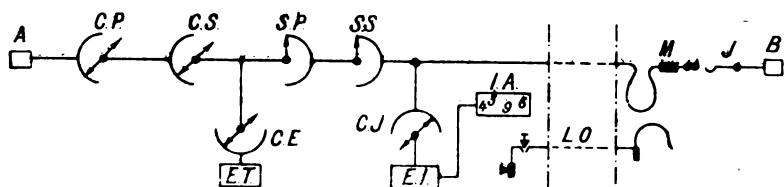


Fig. 1. — Diagramme d'établissement d'une communication automatique vers manuel pour indicateur d'appel tandem.

A, abonné demandeur,
B, abonné demandé.
C.P., chercheur primaire.
C.S., chercheur secondaire.
C.E., chercheur d'enregistreur,

E.T., enregistreur traducteur.
S.P., sélecteur primaire.
S.S., sélecteur secondaire.
C.J., chercheur de jonction;

E.I., enregistreur d'indicateur d'appels,
I.A., indicateur lumineux d'appels,
L.O., ligne d'ordres,
M., monocorde d'arrivée,
J., jack général du demandé.

demandé. La ligne empruntée par la communication est donc choisie automatiquement au bureau de départ, et non plus désignée par l'opératrice d'arrivée comme dans une exploitation entièrement manuelle. Cette ligne est représentée par un jeu de lampes sur une position tandem à indicateur d'appels; elle aboutit directement à un monocorde du bureau destinataire. L'opératrice tandem n'a aucun travail d'enfichage à effectuer.

Chaque position à indicateurs d'appels est dotée d'un certain nombre d'enregistreurs. Un de ces enregistreurs est connecté par un chercheur de jonctions à la ligne empruntée par l'appel. L'enregistreur traducteur transfère le numéro qu'il vient de recevoir dans l'enregistreur de la position tandem. Ce dernier provoque l'apparition du numéro sur un tableau à chiffres lumineux. En même temps, la jonction correspondante est désignée par le jeu des lampes. L'opératrice tandem n'a plus qu'à transmettre par ligne d'ordres, à sa collègue du bureau manuel, le numéro demandé ainsi que le

numéro du monocorde sur lequel la communication doit être établie.

Les positions tandem à indicateurs d'appels servent aussi à l'écoulement des appels vers la banlieue immédiate de Paris (zone à taxe double). On sait que certains bureaux manuels de Paris, dits *bureaux périphériques*, sont dotés, sur leurs groupes d'arrivée, de lignes vers la banlieue. Les appels vers la banlieue des abonnés de « Carnot » viennent aboutir sur les positions tandem affectées à ces bureaux périphériques. Mais il est nécessaire de distinguer les appels destinés au bureau périphérique lui-même et aux différents bureaux de banlieue qu'il dessert. Dans ce but, un numéro à 5 chiffres apparaît sur l'indicateur lumineux de la position : le premier chiffre, dit *chiffre de préfixe*, permet d'identifier le bureau destinataire.

Ce mode d'exploitation suburbaine est destiné lui aussi à disparaître. Dans un avenir prochain, les appels des bureaux automatiques vers la banlieue seront traités par des positions spéciales, dont l'ensemble constituera un *centre de transit*.

* * *

Il paraît intéressant d'étudier avec quelques détails l'établissement d'une communication vers un bureau manuel. Les circuits de positions tandem à indicateurs d'appels présentent des particularités nouvelles que nous signalerons au passage.

Sélection d'une ligne vers le bureau manuel. — Les opérations de présélection et d'enregistrement sont les mêmes que pour un appel entièrement automatique.

Dans les appels entièrement automatiques, la sélection commence dès que le préfixe est enregistré. Il est nécessaire d'ajourner ici le début de la sélection jusqu'à ce que l'abonné ait envoyé une quantité suffisante d'impulsions ; on évite ainsi qu'un abonné manœuvrant lentement puisse retarder l'opératrice de l'indicateur d'appels. Ce retard doit être réglable à volonté, de façon que l'on puisse établir la progression immédiate de la sélection lorsque les abonnés seront habitués à manœuvrer leur disque à une vitesse normale.

A cet effet, dès que le chercheur traducteur s'est arrêté sur la broche d'un bureau manuel, un relais spécial est excité (relais Cir sur la figure 2). Ce relais coupe le circuit fondamental d'inversion, et la sélection ne peut commencer. Le circuit fondamental est rétabli par une came du combineur de réception lorsque la réception des impulsions est suffisamment avancée.

Dans l'exemple de la figure 2, la sélection ne commence qu'après

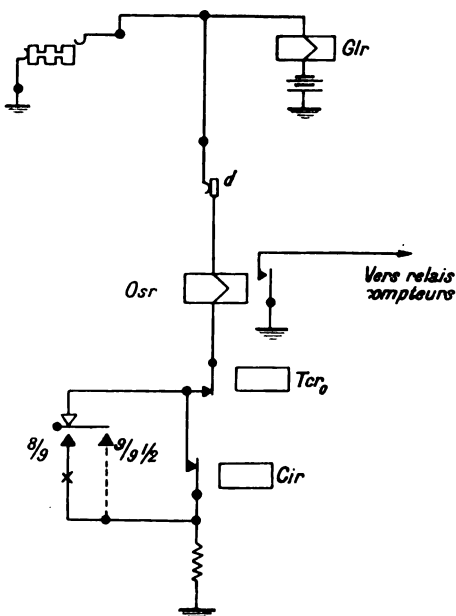


Fig. 2. — Dispositif permettant de retarder le début de la sélection.

la réception du chiffre des mille (position 8 du combineur). En remplaçant la connexion marquée x par la connexion en pointillé, on augmente le retard : la sélection ne commence qu'après la réception du chiffre des centaines (position 9 du combineur).

Une fois le circuit fondamental établi, l'enregistreur commande la sélection d'une ligne sortante vers le bureau demandé. Cette sélection peut, suivant les cas, comporter un ou deux étages.

Disponibilité et engagement d'une ligne sortante. — Le sélecteur du dernier étage arrête ses balais sur une jonction disponible vers le bureau demandé.

On sait que, dans les circuits rotary, une jonction disponible est toujours caractérisée par la présence d'une batterie sur son troisième fil, batterie dont le rôle est d'exciter le relais de test du sélecteur en recherche automatique.

Chaque position à indicateurs d'appels est munie d'un certain

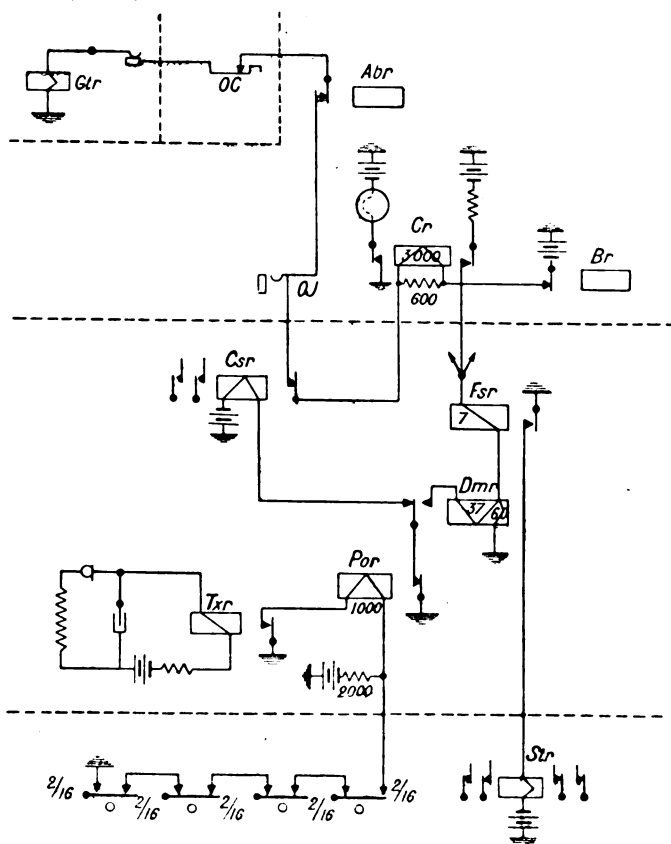


Fig. 3. -- Disponibilité et engagement d'une jonction sortante.

nombre de relais (relais *Csr* sur la figure 3) dont les contacts de travail établissent ce potentiel de disponibilité sur les jonctions de la position. Ces relais sont excités lorsque l'opératrice enfiche sa prise de poste. Une jonction n'est donc accessible aux appels que si elle appartient à une position occupée par une opératrice.

Les relais de disponibilité sont utilisés pour limiter le nombre d'appels en instance sur une position. Ils retombent et rendent inaccessibles les jonctions encore libres dans les deux cas suivants :

- 1° tous les enregistreurs de la position sont occupés ;
- 2° le nombre d'appels en attente d'un enregistreur dépasse un nombre fixé.

La figure 3 montre comment l'alimentation des relais Csr peut être coupée, soit par un circuit de chaîne établi par les enregistreurs occupés, soit par un relais spécial monté en série avec le relais pilote de démarrage des chercheurs.

En outre, le troisième fil de chaque jonction peut être coupé par deux boutons, placés l'un sur la table d'essais des lignes sortantes, l'autre sur la baie qui porte l'équipement de la jonction. On peut ainsi rendre une jonction indisponible dès qu'on y constate un défaut.

L'arrêt d'un sélecteur sur une jonction en provoque l'engagement. Aussitôt les chercheurs de la position démarrent et l'un d'eux connecte à la jonction un enregistreur disponible.

Enregistrement du numéro demandé par une position à indicateur d'appels à quatre chiffres. — Dès lors, l'enregistreur traducteur est mis en liaison avec l'enregistreur de la position à indicateur d'appels. Il va se décharger dans cet enregistreur comme il se déchargerait dans les étages de sélection successifs pour une communication entièrement automatique.

A cet effet, l'enregistreur à indicateur d'appels comporte, en plus de son combineur normal, des combineurs numériques. Chacun d'eux est constitué comme un combineur ordinaire ; mais son arbre porte-cames est muni, à une extrémité, d'un commutateur à impulsions inverses analogue à celui des choisisseurs de balais ; grâce à ces commutateurs, l'enregistreur à indicateur d'appels peut jouer successivement le rôle des divers sélecteurs numériques.

A chaque stade de la sélection, un circuit fondamental d'inversion est constitué entre les deux enregistreurs. Dans ce circuit fondamental, le commutateur du combineur intéressé (combineur des dizaines dans le cas de la figure 4) envoie des impulsions inverses, décomptées à la manière habituelle par les relais compteurs de l'en-

registreur traducteur. Lorsque la dernière paire de relais compteurs est excitée, le combineur s'arrête dans une position caractéristique.

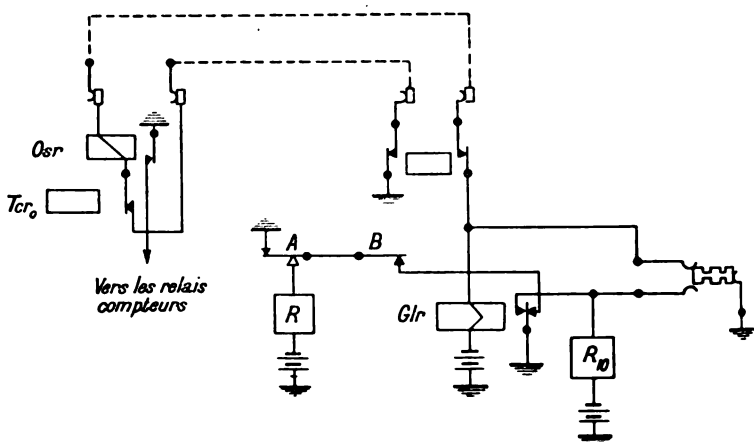


Fig. 4. — Transfert du chiffre des dizaines sur l'enregistreur à indicateur d'appels.

Dans cette position, il prépare, au moyen des contacts de ses cames, l'allumage d'une lampe prise parmi les dix lampes du chiffre corres-

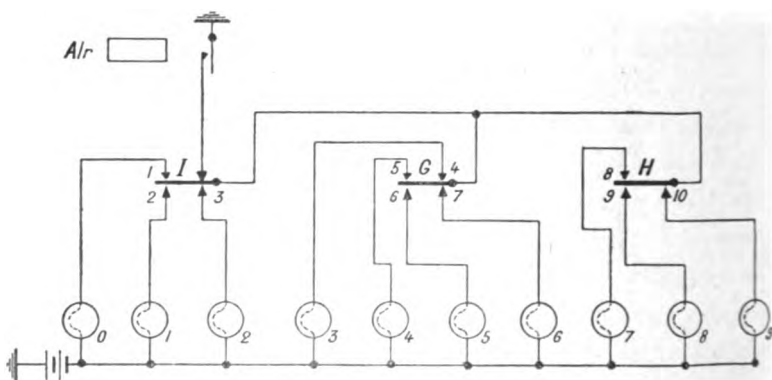


Fig. 5. — Allumage de la lampe des dizaines.

G, H, I, cames du combineur R 10.
Alr, Relais d'allumage des lampes.

pondant. La figure 5 montre l'exemple, particulièrement simple, de l'allumage de la lampe des dizaines sous le contrôle du combineur numérique de dizaines.

Il est inutile de prévoir autant de combineurs numériques qu'il y a de chiffres à recevoir. Pour un numéro à quatre chiffres, deux combineurs sont suffisants : le premier, R_{10} , sert à la fois pour la réception des mille et pour celle des dizaines ; le second, R_U , pour la réception des centaines et pour celle des unités.

Chacun de ces combineurs transfère la première combinaison reçue sur un groupe de relais marqueurs, qui en conserve trace ; puis il se libère, prêt à recevoir une deuxième combinaison.

A la fin des opérations de sélection, l'enregistreur traducteur est libéré. L'enregistreur à indicateur d'appels matérialise le numéro envoyé au moyen de ses relais marqueurs de mille et de centaines, ainsi que de ses combineurs numériques de dizaines et d'unités. Ces organes procèdent au choix des lampes qui doivent briller sur le tableau lumineux.

Avant de provoquer l'allumage de ces lampes, l'enregistreur vérifie, au moyen d'un test sur une résistance commune à tous les enregistreurs de la position, si le tableau lumineux est disponible, et, dans le cas où il n'est pas disponible, si aucun enregistreur n'est déjà en attente du tableau. C'est alors seulement que le numéro demandé apparaît sur l'indicateur lumineux.

Enregistrement d'un numéro à cinq chiffres. — Les considérations qui précèdent sont valables pour un numéro à quatre chiffres. Mais certaines positions à indicateurs d'appels desservent à la fois un bureau urbain et des bureaux de banlieue : un cinquième chiffre est nécessaire pour différencier les appels à destination de ces divers bureaux.

Le trafic urbain d'une position à cinq chiffres est de beaucoup le plus important. Il serait désavantageux de le soumettre sans nécessité à un enregistrement à cinq chiffres plus long et plus compliqué. L'enregistreur de la position se comporte donc, pour les appels urbains, comme un enregistreur ordinaire à quatre chiffres. Pour les appels suburbains, il permet la réception d'un cinquième chiffre ; il est muni, à cet effet, d'un groupe supplémentaire de relais marqueurs.

Les deux sortes d'appels sont distingués par l'artifice suivant :

Dans le système rotary, le sélecteur qui reçoit le premier chiffre d'une transmission à quatre chiffres déclenche toujours un niveau impair. C'est une conséquence du plan de numérotage adopté dans les bureaux rotary. C'est ainsi que, dans une communication entièrement automatique, le sélecteur tertiaire envoie toujours à l'enregistreur un nombre impair d'impulsions inverses et déclenche par suite un niveau impair.

Cette disposition est maintenue pour un appel à destination d'un bureau manuel urbain. Dans ce cas, le traducteur provoque quatre sélections numériques, la première étant caractérisée par l'émission d'un nombre impair d'impulsions inverses. Le combineur numérique R_{10} de l'indicateur d'appels s'arrête en position impaire : 1, 3, 5, 7 ou 9.

Au contraire, dans le cas d'un appel vers la banlieue, le traducteur provoque cinq sélections après la sélection de bureau, la première de ces sélections étant caractérisée par l'émission d'un nombre pair d'impulsions inverses. Le combineur numérique R_{10} s'arrête dans une position paire : 2, 4, 6, 8, 10, ou dans une onzième position marquée S. (La présence de onze paires de relais compteurs dans l'enregistreur traducteur a permis, en effet, de donner aux combineurs numériques onze positions d'arrêt pour une demi-révolution). Chacune des positions 2, 4, 6, 8, 10 ou S caractérise un bureau de banlieue ; une table à indicateurs d'appels peut en desservir six.

Ainsi donc, selon la parité de la position d'arrêt du combineur R_{10} , l'enregistreur à indicateurs d'appels se prépare à recevoir quatre ou cinq chiffres. Si R_{10} s'arrête en position impaire, quatre chiffres seulement sont reçus ; le combineur de l'enregistreur brûle la position réservée à la réception du cinquième chiffre ; il prépare l'allumage de la lampe de préfixe O, caractéristique du bureau urbain. Si R_{10} s'arrête en position paire, le chiffre reçu par ce combineur est aussitôt transféré sur les relais marqueurs supplémentaires, dits *relais marqueurs de dizaines de mille* ; ces relais préparent l'allumage d'une des six lampes de préfixe réservées aux bureaux de banlieue ; R_{10} est libéré pour recevoir cette fois le chiffre des mille ; la suite des opérations se déroule comme précédemment.

Prise du monocorde au bureau manuel et supervision. —

Après la réception du numéro, l'enregistreur à indicateur d'appels établit une boucle momentanée sur la jonction, de façon à faire avancer le circuit de connexion.

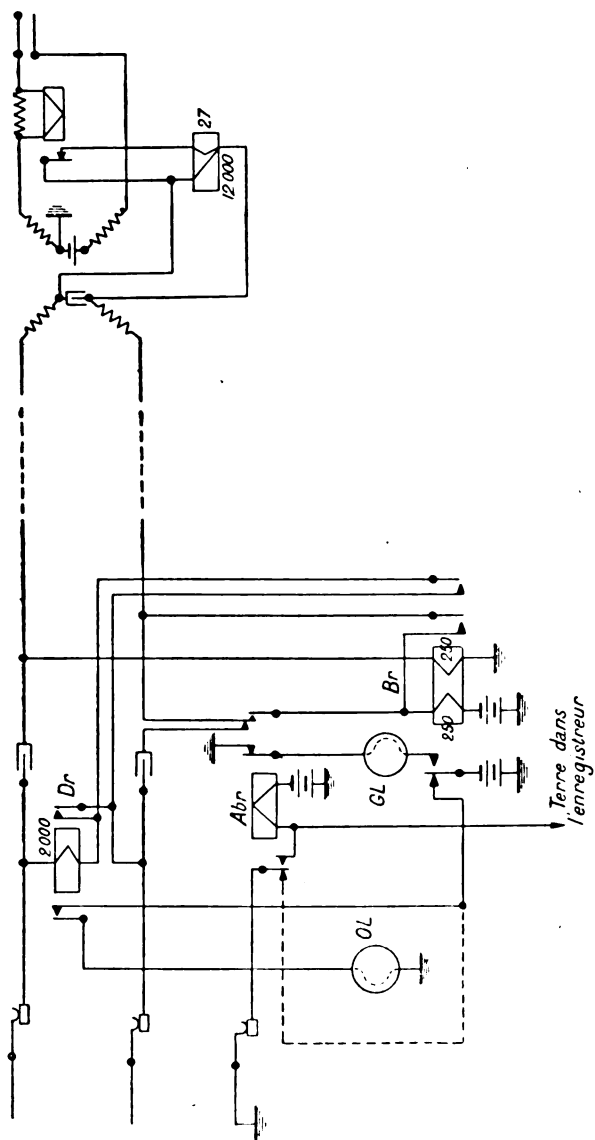
En effet, le système de supervision adopté dans les bureaux automatiques exige une fermeture de la jonction suivie d'une ouverture, puis d'une nouvelle fermeture à la réponse de l'abonné demandé. Le bureau manuel n'a pas le moyen de produire la première opération du relais de supervision ; c'est pourquoi l'enregistreur doit intervenir ici.

Dès que le numéro apparaît sur l'indicateur lumineux, la continuité de la jonction est établie vers le bureau manuel. Un pont d'alimentation est constitué sur la jonction, provoquant l'attraction du relais de 12000 au bureau manuel. Ce pont est constitué par un relais à deux enroulements de 250 ohms (relais Br sur la figure 6). L'opératrice tandem, après avoir transmis le numéro par ligne d'ordre, provoque la libération de l'enregistreur et l'effacement du numéro en appuyant sur un bouton d'effacement.

À la réponse du demandé, le relais de 12 000 est shunté par son enroulement de 27 ohms. Le relais Br, resté inactif, s'excite alors et établit une boucle sur le côté automatique de la jonction pour faire passer le circuit de connexion en position de conversation. Cette boucle est constituée par un relais Dr de 200 ohms, qui se bloque sur le pont d'alimentation (côté du demandé) du circuit de connexion. Un troisième relais, Abr, placé sur le troisième fil de la ligne, reste excité aussi longtemps que la jonction est prise du côté automatique. Le jeu de ces trois relais donne à l'opératrice tandem la supervision des deux correspondants.

Ce dispositif de supervision n'est mis en jeu qu'après la réponse du demandé et signale uniquement le raccrochage d'un seul des deux correspondants.

Si le demandeur raccroche, le demandé restant à l'appareil, les relais Abr et Dr retombent, Br reste excité. La jonction ne peut être prise par un nouvel appel ; sa batterie de disponibilité lui est, en effet, donnée par un contact de repos de Br (circuit en pointillé). Cet incident est signalé par l'allumage de la lampe GL



Au contraire, si le demandé raccroche seul, Br retombe, Abr et Dr restent excités ; la lampe OL s'allume. La jonction est rendue accessible aux sélecteurs automatiques par la retombée des relais Abr et Br, c'est-à-dire par le raccrochage des deux correspondants, quelle que soit la situation de la fiche à la position d'arrivée dans le bureau manuel. Si la fiche n'est pas retirée au moment où la jonction est reprise par un autre appel, l'opératrice B s'en aperçoit quand elle est informée par sa collègue de l'arrivée d'un appel sur cette jonction.

Modification des monocordes dans les bureaux manuels.

-- Mais, pour éviter toute fausse manœuvre, il est nécessaire d'introduire une modification dans l'équipement des monocordes d'arrivée.

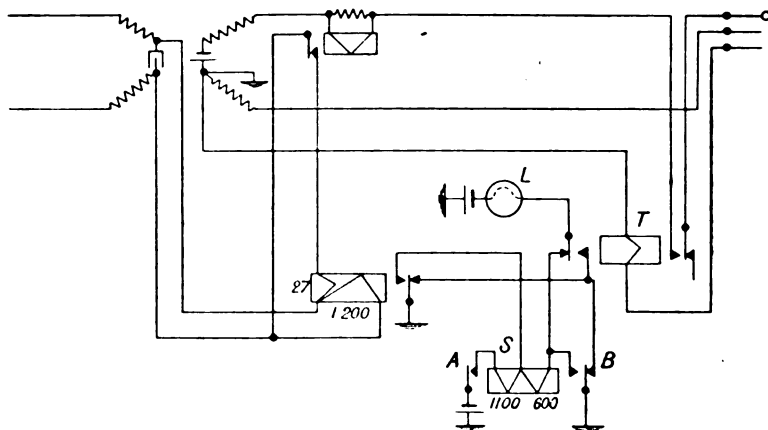


Fig 7. — Modification d'un monocorde d'arrivée dans un bureau manuel.

Avec l'équipement habituel, la lampe d'occupation du monocorde est soumise à l'action conjuguée du relais de 12000 et du relais de test. Elle s'allumerait donc dès la prise de la jonction au bureau automatique, s'éteindrait à l'ensichage, et se rallumerait lors de la libération de la jonction au bureau automatique. Si la jonction était reprise par l'automatique avant le retrait de la fiche, la lampe du monocorde s'éteindrait. L'opératrice B ne distinguerait pas ce monocorde d'un monocorde occupé par une conversation en cours. C'est une source d'erreurs qu'il faut éviter. Il suffit pour cela d'empêcher la lampe de s'éteindre lorsqu'un nouvel appel emprunte la jonction.

Dès lors, l'opératrice B, entendant désigner un monocorde enfiché, constate que la lampe d'occupation de ce monocorde est allumée ; elle n'a qu'à retirer la fiche pour l'introduire dans un autre jack général.

Ce résultat est obtenu par l'adjonction d'un relais spécial par monocorde. Ce relais dépend évidemment du type du bureau manuel. La figure 7 indique le fonctionnement de ce dispositif dans un cas simple. Le relais employé est un relais à deux enroulements différentiels.

Quand la jonction est prise au bureau automatique, le relais de 12.000 fonctionne. Il excite le relais S par son enroulement de droite. Le relais S actionné établit ses deux contacts de travail, le contact A le premier ; il se bloque par son enroulement de gauche, tandis que l'enroulement de droite est mis en court-circuit. La lampe L s'allume.

A l'enfichage, le relais de test T est excité ; la lampe L s'éteint ; S est maintenu attiré.

Lorsque la jonction est libérée au bureau automatique, le relais de 12000 retombe, la lampe L s'allume. Le relais différentiel S ne peut se maintenir excité par ses deux enroulements en série ; il retombe, donnant par son contact de repos B une terre supplémentaire à la lampe L.

Dès lors, si la jonction est reprise au bureau automatique, l'attraction du relais de 12000 reste sans action sur le relais S aussi bien que sur la lampe L. Dans les bureaux où les monocordes d'arrivée comportent l'appel automatique, le relais spécial sert également à empêcher le lancement de l'appel à la reprise de la jonction.

Ecoute sur les jonctions. — Chaque jonction est munie d'un bouton d'écoute, qui permet à l'opératrice tandem d'entrer en écoute sur cette jonction à un instant quelconque. Dans le cas où la connexion a déjà été établie entre les deux correspondants, le bouton d'écoute met seulement le poste d'opératrice en dérivation sur la ligne. Mais, dans le cas où la connexion est encore en cours d'établissement, il doit accomplir, grâce à un groupe de relais et de selfs, des fonctions beaucoup plus complexes. Il libère l'enre-

gisteur à indicateurs d'appels ; si l'enregistreur traducteur est encore connecté à la jonction, il le libère également en mettant sur le fil a une batterie positive qui actionne dans l'enregistreur un relais polarisé de libération (l'emploi de cette batterie de polarité opposée permet d'éviter un fonctionnement intempestif du relais de libération à la suite d'un défaut dans le circuit fondamental.) Enfin le bouton d'écoute établit une boucle sur les deux fils de ligne pour faire avancer le circuit de connexion dans une position où la conversation soit possible. Ces différentes fonctions sont échelonnées dans le temps à l'aide d'une série de relais lents.

* * *

Equipement et installation des tandems à indicateurs d'appels. — Après cette étude sommaire des circuits d'indicateurs d'appels, nous dirons quelques mots de leur réalisation matérielle.

La figure 8 représente le câblage intérieur au bureau d'une ligne

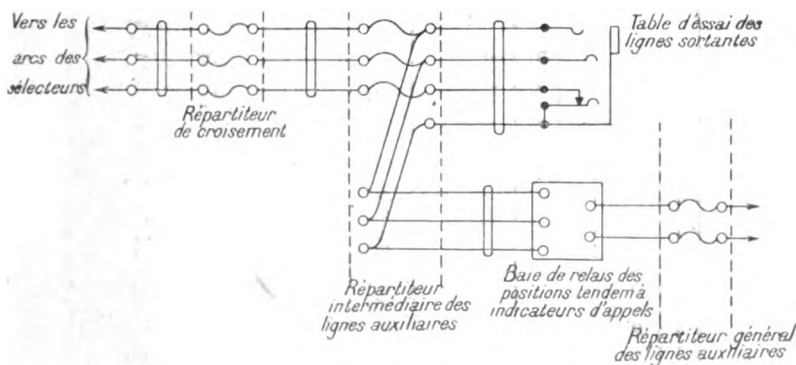


Fig. 8. — Diagramme de câblage des lignes sortantes.

auxiliaire sortante. On voit sur cette figure comment sont établies les liaisons entre les différents organes mis en jeu par une communication vers un bureau manuel. Un répartiteur intermédiaire, interposé sur le parcours des lignes auxiliaires, permet d'opérer toutes les mutations désirables entre les arcs des sélecteurs, les baies combinées de positions à indicateurs d'appels, et la table d'essai des

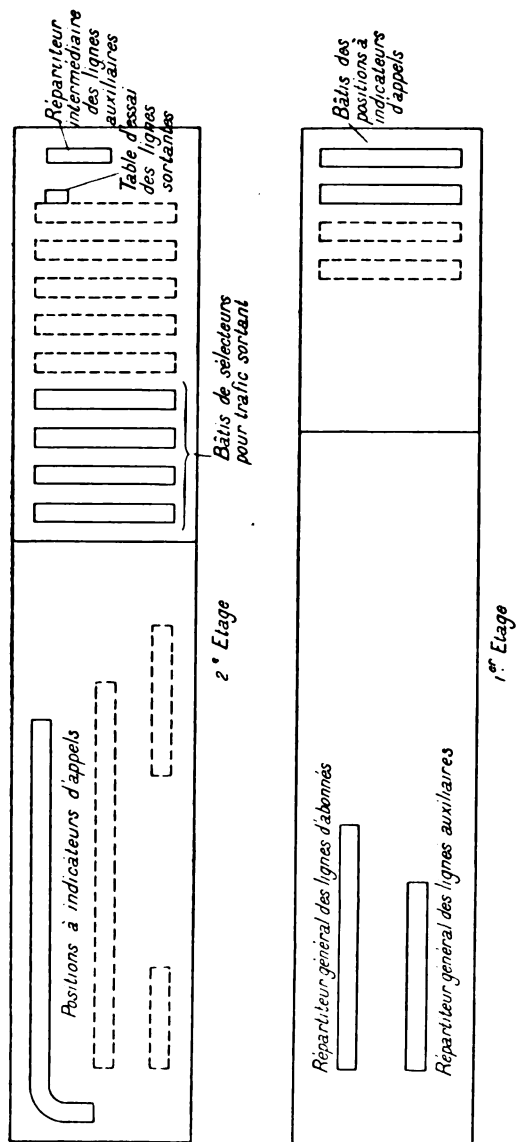


Fig. 9 — Plans d'installations montrant l'emplacement des appareils utilisés par un appel sortant.

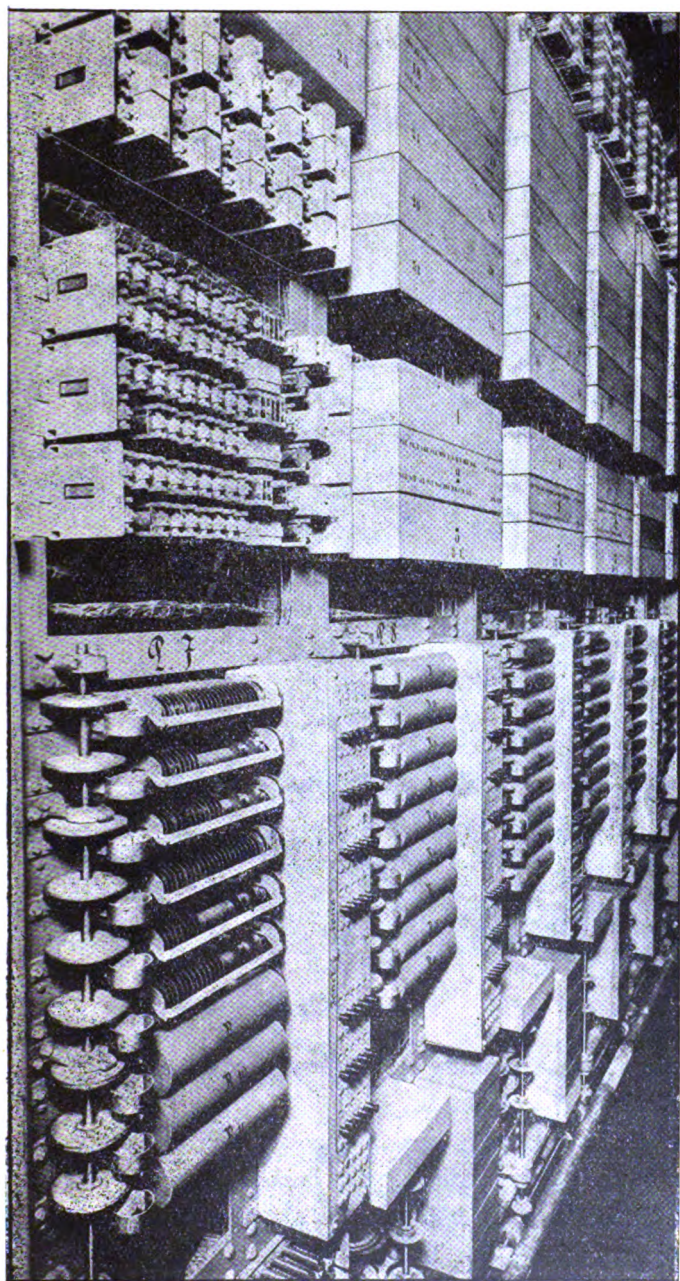


Fig. 10. — Baies combinées pour positions à indicateurs d'appels.

Ann des P.T.T., 1929-VII (13^e année .

lignes sortantes. Un câblage, non représenté sur la figure 8, relie en outre les tables à indicateurs d'appels avec les baies combinées correspondantes.

Les différents appareils utilisés par un appel sortant sont ré-

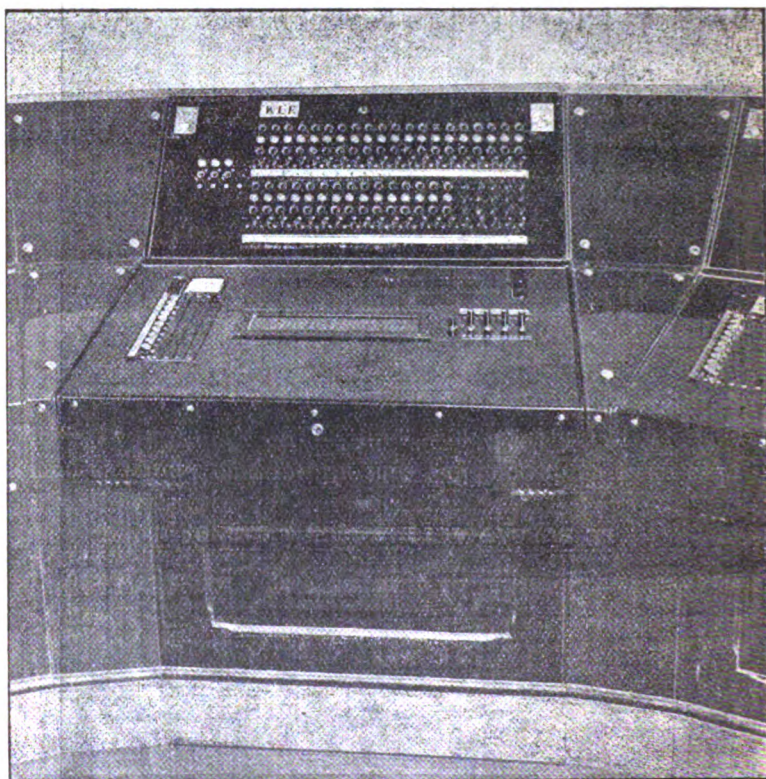


Fig. 11. — Position à indicateur d'appels.

partis dans le bâtiment de la rue Guyot, comme l'indique le plan d'installations de la figure 9.

Les positions à indicateurs d'appels, au nombre de trente-huit, sont disposées en une seule file dans la salle des positions manuelles au deuxième étage du bâtiment. A chaque position, est affectée une baie combinée. Les trente-huit baies d'indicateurs d'appels ont trouvé place à l'étage inférieur, à proximité du répartiteur général, auquel elles sont reliées directement.

Une baie combinée d'indicateurs d'appels porte, de bas en haut, l'équipement suivant (fig. 10) :

1° des chercheurs de jonctions à cinquante points, à raison d'un chercheur par enregistreur (chaque chercheur a ses balais reliés à un enregistreur, tandis qu'il accède par ses broches aux jonctions équipées sur la baie) ;

2° un groupe de combineurs à raison de trois par enregistreur (chaque enregistreur est muni d'un combineur normal et de deux combineurs numériques) ;

3° des relais affectés aux enregistreurs ;

4° des relais affectés aux jonctions sortantes.

Les baies de positions à cinq chiffres portent quatre enregistreurs, alors que les baies de positions à quatre chiffres en portent seulement trois. En effet, le transfert sur l'indicateur d'appels d'un numéro à cinq chiffres est plus long que le transfert d'un numéro à quatre chiffres, d'où la nécessité d'équiper un enregistreur supplémentaire.

Le nombre de jonctions par baie est de trente-cinq, avec extension possible à quarante.

Sur les positions à indicateurs d'appels, sont équipés seulement les organes mis à la disposition de l'opératrice. L'ébénisterie de ces positions est formée de deux tablettes inégalement inclinées (fig. 11).

La tablette antérieure, presque horizontale, porte le tableau lumineux avec son bouton d'effacement, les boutons de conversation, et trois clés (clé d'appel sur ligne d'ordres, clé de conversation normale, clé de refoulement).

La tablette postérieure, inclinée à 45° environ, porte l'équipement des jonctions et des enregistreurs. Chaque jonction est représentée par un bouton d'écoute et trois lampes : une lampe verte dite *lampe d'appel* ; une lampe blanche et une lampe rouge dits *lampes de supervision*. Les enregistreurs désignés par les lettres A, B, C, D, sont représentés chacun par une lampe blanche et un jack de mise hors service.

*
* *

Exploitation des positions tandem à indicateurs d'appels. —

Le mode d'exploitation des positions tandem à indicateurs d'appels est particulièrement simple ; les opérations que doit accomplir l'opératrice sont réduites au minimum. Dans le cas d'une communication normale, elles sont limitées aux trois opérations suivantes : lecture du numéro sur le tableau lumineux, transmission de ce numéro par lignes d'ordres, manœuvre du bouton d'effacement. Aussi le rendement d'une opératrice tandem peut-il être très élevé ; il est pratiquement limité par le rendement de l'opératrice B avec laquelle elle travaille.

L'arrivée d'un appel sur une position à indicateurs d'appels se manifeste par l'allumage fixe de la lampe d'appel de la ligne empruntée. Cette ligne est reliée à un enregistreur libre, dont la lampe s'allume. L'appel est alors en instance. Il reste dans cette situation pendant le temps nécessaire au transfert du numéro sur l'enregistreur. Puis l'appel apparaît sur la position, ce qui veut dire que, simultanément :

1° la lampe d'appel de la ligne empruntée cesse de briller fixe pour scintiller ;

2° le numéro demandé apparaît en chiffres lumineux sur l'indicateur d'appels (comme il n'y a jamais qu'un seul appel apparaissant à la fois, une seule lampe d'appel scintille, désignant ainsi distinctement la ligne correspondante).

L'opératrice tandem intervient alors. Lorsqu'elle ne dessert qu'un seul sectionnement vers un bureau d'arrivée, elle est en liaison permanente, par ligne d'ordres, avec l'opératrice correspondante. Cette liaison permanente est établie par la manœuvre d'une clé à position fixe dite *clé de conversation normale*. Lorsque l'opératrice dessert plusieurs sectionnements, elle se porte sur la ligne d'ordres convenable, en appuyant sur un bouton de conversation.

Dans les deux cas, dès que l'appel apparaît, l'opératrice tandem énonce le numéro demandé et celui de la ligne empruntée. Dès qu'elle a reçu le collationnement, elle appuie sur le bouton d'effacement. La lampe d'appel de la ligne s'éteint et le numéro disparaît, l'enregistreur pris se libère et sa lampe s'éteint. Si d'autres

appels sont en instance, l'un d'eux peut apparaître et sera traité de la même manière.

Sur la ligne empruntée par un appel, toutes les lampes doivent être éteintes : le rôle de la lampe d'appel est terminé, et les lampes de supervision ne s'allument que pour signaler un incident.

Si la communication est effective, elle est coupée automatiquement dès que les abonnés ont raccroché. Si l'un d'eux raccroche avant l'autre, une des lampes de supervision s'allume ; elle s'éteint dès que le second abonné raccroche.

Si la communication aboutit à une occupation ou à une non-réponse, elle est coupée automatiquement dès que le demandeur raccroche, sans qu'aucune lampe s'allume.

Dans le bureau manuel, la lampe d'occupation de la ligne empruntée s'allume au moment où le numéro demandé apparaît sur l'indicateur lumineux, ce qui permet à l'opératrice d'arrivée, en collationnant, de vérifier le numéro de la ligne empruntée. Elle s'éteint lors de l'enfoncement de la fiche du monocorde dans un jack général ou d'occupation, et se rallume, à la manière habituelle, quand le moment est venu de couper la communication.

Quand un monocorde est repris par l'automatique avant que l'opératrice d'arrivée n'ait retiré la fiche, un dispositif spécial, étudié ci-dessus, maintient allumée la lampe du monocorde. L'opératrice d'arrivée retire la fiche et établit une nouvelle communication sur ce monocorde.

Si le bureau d'arrivée est un bureau périphérique, c'est-à-dire s'il dessert des bureaux de banlieue, le mode opératoire reste le même ; mais l'opératrice tandem fait précéder le numéro demandé du nom du bureau qui lui est indiqué par le premier chiffre de l'indicateur lumineux. A cet effet, un tableau de correspondance est mis à la disposition de l'opératrice ; il affecte, par exemple, la forme suivante :

0	Laborde,
1	Clignancourt,
2	Grésillons,
3	Puteaux.

L'opératrice qui voit apparaître le numéro 2.0526 énonce « Grésillons 05.26 ».

Les positions partagées portent plusieurs faisceaux de lignes, affectés chacun à une direction différente. Dès qu'un appel apparaît, l'opératrice connaît le bureau destinataire d'après celui des faisceaux auquel appartient la ligne empruntée par cet appel.

La clé de conversation normale n'est pas actionnée alors. Pour traiter un appel, l'opératrice appuie sur un bouton de conversation et se met en relation avec l'opératrice d'arrivée convenable. L'appel se poursuit alors de la façon normale.

Les positions d'arrivée conjuguées à une même position tandem partagée sont généralement, elles aussi, des positions partagées. Par suite, il peut arriver qu'en voulant traiter un appel vers un des bureaux desservis l'opératrice perçoive le ronfleur d'occupation sur la ligne d'ordres de ce bureau. Au lieu de rester en attente sur cette ligne d'ordres, l'opératrice doit desservir les appels qui peuvent se présenter pour une autre direction. Il faut donc garder en réserve le premier appel, tout en libérant le tableau lumineux. Ce résultat est obtenu par la manœuvre d'une clé, dite *de refoulement* ou de *second appel*.

Un exemple concret en fera comprendre le fonctionnement : une position partagée dessert à la fois les bureaux « Danton » et « Opéra ». Un appel vers « Danton » apparaît, et l'opératrice, en appuyant sur le bouton de conversation de « Danton », perçoit le ronfleur d'occupation. Elle abaisse la clé de refoulement. Le numéro disparaît sur le tableau lumineux, mais l'enregistreur en conserve trace. La lampe d'appel de la ligne empruntée cesse de scintiller pour briller fixe. L'appel vers « Danton » est dans la même situation qu'un appel en attente du tableau lumineux. Tant que la clé de refoulement reste abaissée, l'opératrice ne peut faire apparaître un appel vers une direction qu'en appuyant sur le bouton de conversation de cette direction.

Elle appuie donc sur le bouton de conversation d'« Opéra » pour traiter les appels en instance dans cette direction. Lorsqu'elle juge la direction « Dan'on » accessible de nouveau, elle revient sur cette direction, Elle traite ainsi les appels pour « Danton » et pour

« Opéra » en appuyant alternativement sur les boutons de conversation de ces deux bureaux.

Quand tous les appels refoulés sont traités, l'opératrice revient à l'exploitation normale en relevant la clé de refoulement.

Etudions maintenant quelques incidents d'exploitation :

1° Un appel en instance n'apparaît pas. L'opératrice constate que la lampe d'appel d'une jonction reste allumée fixe pendant un temps exagéré. Cet incident est souvent provoqué par l'envoi d'un numéro incomplet. L'opératrice intervient en entrant en écoute sur la jonction empruntée par l'appel, s'enquiert auprès de l'abonné du numéro qu'il désire obtenir et donne suite à sa demande.

2° La lampe rouge de supervision s'allume. L'allumage de cette lampe caractérise le raccrochage du demandé et le non-raccrochage du demandeur à la fin d'une communication. L'opératrice doit toujours se mettre en écoute sur la jonction dès l'allumage de cette lampe, qui peut correspondre à divers incidents :

a) La lampe s'allume aussitôt que l'appel est traité. C'est en général le signe d'un manque d'appel au bureau manuel à la suite d'une boucle à l'enfichage. Cette boucle fugitive équivalente à un décrochage et un raccrochage du demandé, provoque l'allumage de la lampe rouge. L'opératrice tandem demande à sa collègue de sonner.

b) La lampe s'allume quelque temps après l'écoulement de l'appel. C'est quelquefois le signe d'une erreur de numéro ou d'une coupure intempestive à l'arrivée : le demandé a répondu, puis a raccroché ou a été coupé ; le demandeur reste à l'appareil ; l'opératrice tandem se met en écoute ; le demandeur lui réitère sa demande, à laquelle elle donne suite. C'est également le signe d'un non-raccrochage du demandeur après une conversation normale ; la ligne de l'abonné demandé est alors indûment bloquée ; l'opératrice tandem peut faire cesser cette situation en demandant à l'opératrice d'arrivée de couper ; la lampe rouge reste allumée tant que le demandeur n'a pas raccroché.

3° La lampe blanche de supervision s'allume. L'abonné demandé ne raccroche pas à la fin de la conversation, alors que l'abonné demandeur a raccroché. La jonction empruntée par l'appel reste

indisponible. Pour la libérer, l'opératrice tandem demande à sa collègue de couper.

4° L'opératrice d'arrivée se trompe de monocorde; l'opératrice tandem n'en est pas prévenue, et n'intervient pas. Il appartient à l'opératrice d'arrivée de rectifier son erreur en coupant le monocorde indûment enfiché et en traitant la communication échouée sur le monocorde non-enfiché.

Exploitation aux heures de faible trafic. — A l'heure chargée, toutes les positions à indicateurs d'appels du bureau « Carnot » sont occupées par des opératrices. Mais il est nécessaire de diminuer graduellement le personnel exploitant quand le trafic décroît.

Une première réduction est obtenue en n'occupant qu'une seule position pour écouler le trafic vers les bureaux qui comportent normalement plusieurs positions.

Aux heures plus creuses, la réduction de personnel est réalisée grâce au dispositif de groupement par trois des positions à indicateur d'appels.

Les positions sont réparties par groupes de trois. Dans chaque groupe, les positions extrêmes de droite et de gauche peuvent être, indépendamment l'une de l'autre, concentrées sur la position du milieu, dite *position concentrante*. A cet effet, la position médiane est munie de deux clés de concentration, placées de part et d'autre du keyboard. La manœuvre d'une de ces clés permet à une opératrice placée devant la position médiane de desservir aussi l'une des positions voisines. La manœuvre des deux clés permet à l'opératrice placée devant la position médiane de desservir l'ensemble des trois positions.

Lorsque le groupement de trois positions est réalisé, les appels continuent d'aboutir sur les positions correspondant à leurs directions respectives. L'opératrice reconnaît ainsi leur destination. Les trois tableaux lumineux sont empruntés par les appels. La position concentrante porte les boutons de conversation correspondant à l'ensemble des trois positions. L'opératrice peut ainsi transmettre toutes ses demandes par lignes d'ordres en utilisant les boutons placés devant elle. Par contre, elle est astreinte à manœuvrer le

bouton d'effacement de la position où l'appel apparaît. Les clés de refoulement ne sont pas non plus concentrées, mais leur manœuvre est rare aux heures creuses.

Pour faciliter l'exploitation, il est nécessaire de limiter le nombre d'appels en instance sur l'ensemble des trois positions et non plus seulement sur l'une de ces trois positions. Ce résultat est obtenu par la manœuvre des clés de concentration : si, par exemple, les positions du groupe considéré disposent chacune de quatre enregistreurs, l'occupation simultanée de quatre enregistreurs quelconques parmi les douze enregistreurs suffit pour rendre inaccessibles toutes les jonctions encore libres sur les trois positions du groupe.

L'affectation des tables à indicateur d'appels doit être conçue de manière à équilibrer sensiblement le trafic sur les différents groupes de trois tables, en conjuguant par exemple une table à fort trafic avec deux tables à trafic moyen ou faible. Avec une telle disposition des tables, le groupement par trois peut être réalisé dès que le trafic faiblit sensiblement.

Dans chaque groupe de trois, deux dispositions des tables peuvent être préconisées. On peut placer au milieu la table la plus chargée ; ainsi, aux heures creuses où le groupement par trois est réalisé, l'opératrice est placée devant la table qui reçoit le plus d'appels ; elle écoule la plus grande partie du trafic avec le minimum d'efforts. On peut aussi placer à l'une des extrémités la table la plus chargée ; la table médiane est alors affectée à un bureau à moyen trafic et l'autre table extrême est affectée à un bureau à faible trafic ; ainsi, aux heures moyennement chargées, la table extrême à fort trafic continue à être desservie par une opératrice tandis que les deux autres tables peuvent être groupées ; avec la disposition précédente, il eût été nécessaire de maintenir une opératrice sur chacune des trois tables.

Pendant les heures tout à fait creuses, et particulièrement pendant la nuit, une concentration totale est réalisée sur trois positions dites *de concentration de nuit*. Sur ces positions, chaque direction est représentée par un nombre réduit de lignes. Ces lignes, qui aboutissent normalement sur les diverses tables du bureau, sont renvoyées sur les tables de concentration par la manœuvre d'un

commutateur du type construit par l'Association des ouvriers en instruments de précision. Les lignes à concentrer sont choisies parmi les dernières des multiples, atteintes seulement aux heures de fort trafic. Il y a donc peu de chances pour que ces lignes soient occupées par des communications en cours au moment de la manœuvre du commutateur de concentration.

Toutes les lignes d'ordres sont représentées par leurs boutons sur les tables de concentration de nuit. Elles ne sont pas renvoyées par le jeu d'un commutateur, mais sont multipliées d'une façon permanente à la fois sur les tables ordinaires et sur les tables de concentration. On peut ainsi passer progressivement du service normal au service de nuit ou inversement, puisqu'il est possible de faire coïncider les deux services. Du reste, cette latitude est utile à un autre point de vue : certaines directions ont encore un fort trafic à une heure tardive ; on continue à leur affecter une opératrice, alors que les autres directions peuvent être déjà renvoyées sur les tables de concentration.

Les positions de nuit sont évidemment du type à cinq chiffres, puisqu'elles doivent desservir à la fois les bureaux périphériques et les bureaux ordinaires. Elles portent une liste complète de correspondance entre les préfixes et les divers bureaux de banlieue. Chacune des trois tables est munie d'une trentaine de jonctions ; la totalité du trafic sortant de « Carnot » est assuré la nuit par 90 lignes auxiliaires environ.

Ces tables sont elles-mêmes susceptibles de groupement par trois, grâce aux clés de concentration ordinaires. Un seul opérateur peut donc, sans se déplacer, écouler tous les appels vers les bureaux manuels.

Les positions de concentration de nuit du bureau « Carnot » restent inutilisées pendant le jour. Mais ce n'est nullement une nécessité : on peut très bien les affecter à un service normal.

* * *

Essais des positions à indicateurs d'appels. — La surveillance et l'entretien des positions à indicateurs d'appels sont assurés par trois sortes d'essais.

1° *Essai rapide des jonctions.* — Tous les matins, en prenant possession de sa position, chaque opératrice essaye toutes les jonctions de la position, en liaison avec sa collègue du bureau manuel. Elle appuie successivement sur le bouton d'écoute de chaque jonction. Cette opération a pour effet d'alimenter le relais de 12000 du bureau manuel à travers les deux enroulements de 250 ohms du relais Br. L'opératrice B, prévenue par sa collègue, reste en liaison avec elle en se mettant successivement en écoute sur chaque monocorde. Elle vérifie, par le jeu de la lampe d'occupation, le fonctionnement correct du relais de 12000. Le réglage délicat et instable de ce type de relais justifie cet essai quotidien. Tout monocorde trouvé mauvais est signalé, et la jonction correspondante rendue indisponible à la table d'essai des lignes sortantes.

2° *Essai systématique des enregistreurs.* — Deux circuits d'essais systématiques permettent de procéder chaque jour à l'essai complet de tous les enregistreurs à indicateurs d'appels. Chacun de ces circuits est affecté à une moitié des positions.

L'essai complet d'un enregistreur comporte plusieurs cycles, qui se succèdent automatiquement. L'enregistreur placé dans ses conditions normales de fonctionnement reçoit une série de numéros, qu'il fait apparaître sur l'indicateur lumineux. Un opérateur, en liaison téléphonique avec le mécanicien chargé de l'essai, surveille sur la position l'apparition des numéros. Si un enregistreur donne naissance à un faux numéro, il est aussitôt rendu indisponible et vérifié spécialement.

L'essai systématique des enregistreurs est fait par moitié le matin et le soir, avant et après la reprise du service normal.

3° *Essai complet des jonctions.* — La table d'essai des lignes sortantes (fig. 12) est munie d'un dispositif d'essai des jonctions à indicateurs d'appels. Le principe de cet essai est très simple : il consiste à faire aboutir un appel normal sur la jonction à essayer. Mais cet appel, au lieu d'emprunter les voies habituelles, est aiguillé par des organes spéciaux qui permettent de le diriger à volonté sur telle ou telle jonction.

La figure 13 montre que les sélecteurs du circuit d'essai donnent accès à une seule ligne auxiliaire, multipliée à la fois sur tous leurs

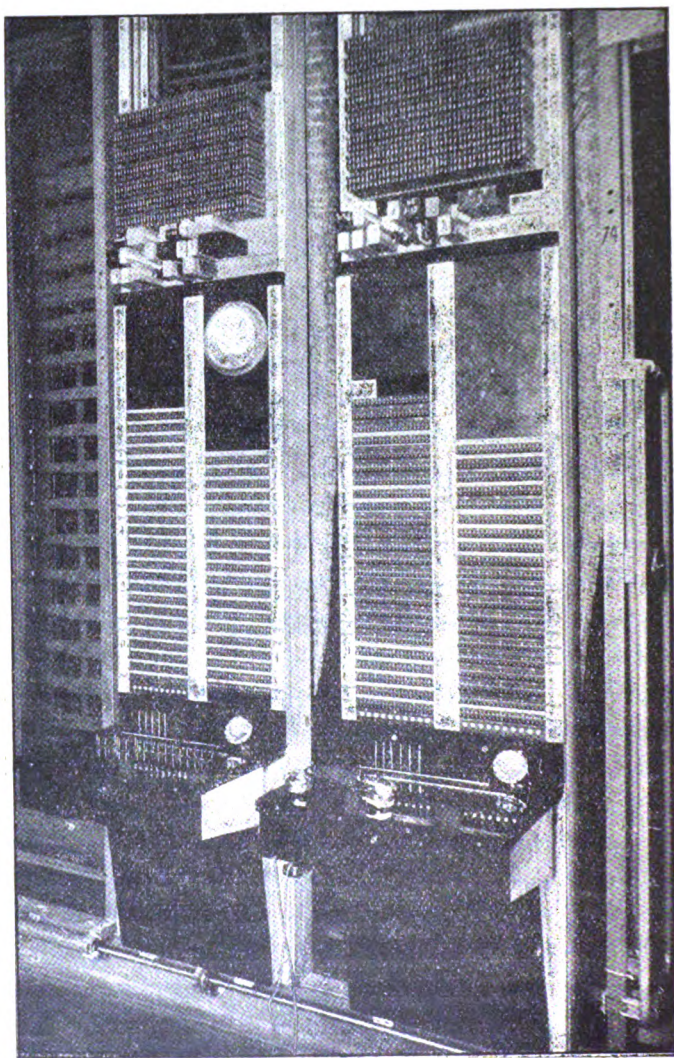
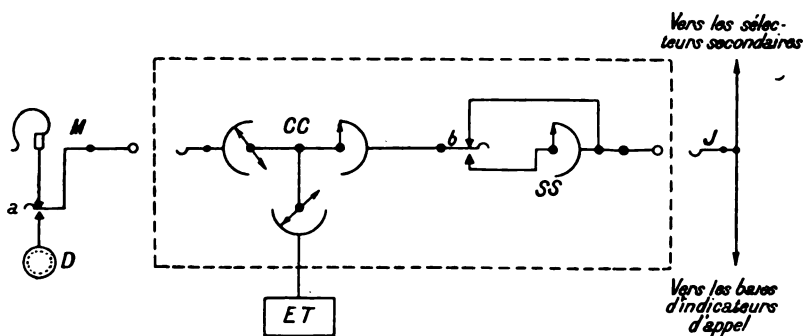


Fig. 12. — Table d'essai des lignes sortantes.

niveaux. Cette unique ligne aboutit en définitive à une fiche de la table d'essais, qu'il suffit d'introduire dans le jack de la ligne à essayer.

Le dispositif d'essai est muni d'une clé permettant de mettre en circuit un sélecteur secondaire. Cette clé doit être manœuvrée pour essayer les jonctions atteintes par deux étages de sélection. Elle ne doit pas être manœuvrée pour les jonctions multipliées directement sur les arcs des sélecteurs primaires.

L'opérateur de la table d'essais compose le numéro d'essai sur



F. 13. — Circuit d'essais des jonctions à indicateur d'appels.

M, monocrorde de la table d'essais,
D, disque d'appel,
a, clef du disque,
CC, circuit de connexion.

SS, sélecteur secondaire,
ET, enregistreur traducteur,
b, clef de sélecteur secondaire,
J, jack de jonction sortant.

son disque d'appels, et, restant en écoute sur la jonction, vérifie l'établissement correct de la communication, soit que l'appel aboutisse effectivement sur un poste de service du bureau destinataire, soit que l'opératrice d'arrivée, prévenue, passe le signal d'occupation. On voit que cet essai est très long; il peut être abrégé considérablement en substituant au cadran un envoyeur automatique d'impulsions. De toute façon, il est impossible de procéder par cette méthode à un essai quotidien de toutes les jonctions. Les jonctions sont essayées en totalité tous les trois ou quatre jours, par exemple.

Ces diverses méthodes d'essais permettent d'éliminer la plupart des dérangements qui peuvent affecter les positions à indicateurs

d'appels. D'autres dérangements peuvent être constatés en cours d'exploitation. L'opératrice qui constate le fonctionnement défectueux d'un enregistreur peut le mettre immédiatement hors de service. Par contre, elle n'a pas le moyen de bloquer elle-même une jonction en dérangement : elle la signale immédiatement, et la jonction est bloquée à la table d'essai des lignes sortantes.

(à suivre.)

LA TÉLÉPHONIE AUTOMATIQUE INTERURBAINE AU MAROC,

par M. DUBEAUCLARD,
inspecteur général des P.T.T.,
Directeur de l'office chérifien des Postes et Télégraphes.

Le téléphone automatique urbain fonctionne à Rabat depuis février 1927. Peu après sa mise en service, la question de son emploi à l'interurbain a été étudiée. Elle a été résolue dans des conditions très favorables.

Les appels directs en automatique des abonnés de Rabat ont été étendus successivement aux centraux suivants :

Salé (100 abonnés), à 5^{km} de Rabat,
Kénitra (250 abonnés), à 42^{km} de Rabat,
Casablanca (3000 abonnés), à 92^{km} de Rabat,
Meknès (300 abonnés), à 137^{km} de Rabat,
Fez (600 abonnés), à 200^{km} de Rabat.

Les centraux de Salé, Kénitra, Meknès et Fez sont à batterie locale ; l'appel automatique vers Rabat ne présentait, dans ces centraux, aucune difficulté. La figure 1 indique dans quelles conditions cet appel est réalisé. Les circuits affectés à cet usage sont sur annonceur, avec condensateur de 2 microfarads en série. Chacune des paires de cordons utilisées est coupée sur transformateur toroïdal. La clé d'appel du côté du manuel ne présente aucune particularité. La clé d'appel du côté de l'automatique comporte, dans le circuit secondaire du poste d'opératrice, un cadran, un condensateur de 2 microfarads et une self. Après appel des deux abonnés correspondants, les communications sont données de la façon ordinaire.

Pour Casablanca, qui est à batterie centrale, la question était plus difficile. En effet :

1° La terre des batteries causait un déséquilibre des combinés

affectés à l'automatique, d'où une friture intense ; il était de toute nécessité de bloquer la ligne entre deux transformateurs pendant la conversation ;

2° Il fallait libérer, après la communication, les organes automatiques de Rabat.

La solution adoptée est celle qu'indique la figure 2.

Au repos, le circuit de Rabat est coupé à Casablanca sur condensateur C. Les cordons spécialisés de l'opératrice de Casablanca

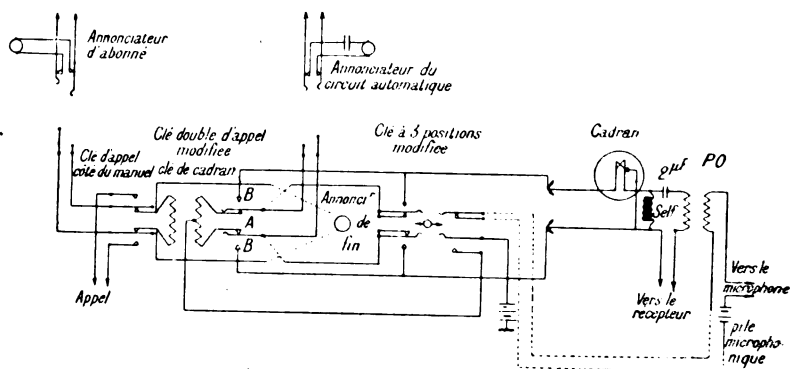


Fig. 1. — Dispositif réalisé dans les bureaux à batterie locale pour le fonctionnement des circuits à l'automatique.

comportent, sur la clé I, un transformateur T_1 . La clé II comporte, dans la position AV, un cadran d'appel, un condensateur de 2 microfarads, une self et, dans la position AR, une batterie en quantité sur les deux fils du circuit.

A Rabat, l'installation comprend :

a) un relais, qui n'est autre qu'un relais de compteur R_1 , fonctionnant à l'inversion de batterie, laquelle a lieu lorsque l'abonné demandé décroche ;

b) un relais de libération R_2 , relié d'une part à la terre, et d'autre part en quantité au circuit interurbain.

Lorsque l'opératrice de Casablanca veut appeler un abonné de Rabat, elle enfonce la fiche de la clé I dans le jack du circuit interurbain ; elle abaisse les clés I et II dans la position AV et actionne le cadran d'appel. Lorsque l'abonné de Rabat décroche, le

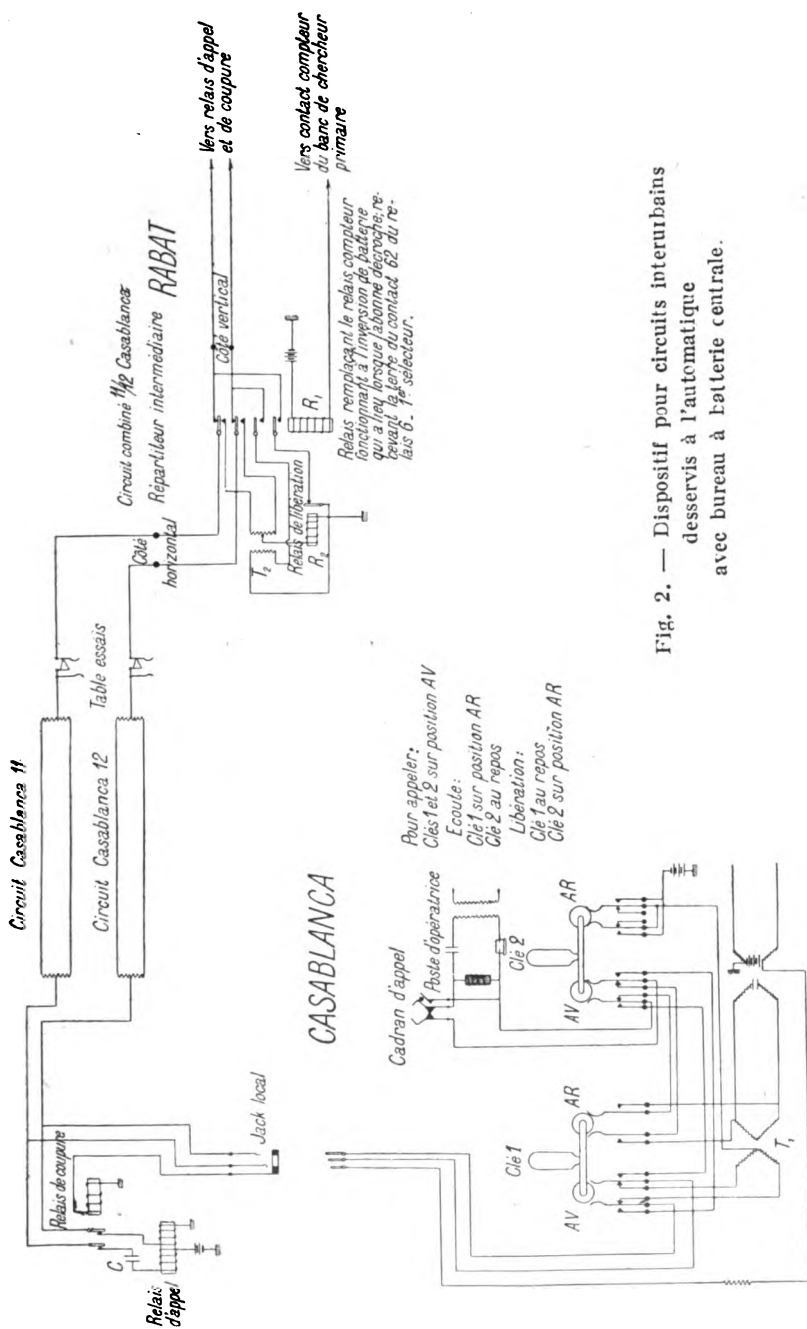


Fig. 2. — Dispositif pour circuits interurbains desservis à l'automatique avec bureau à batterie centrale.

relais R_1 fonctionne à l'inversion de courant de la batterie, et le transformateur T_2 est intercalé sur le circuit interurbain.

L'opératrice de Casablanca met ses clés I et II au repos, ce qui a pour résultat d'intercaler le transformateur T-I sur le circuit interurbain.

Lorsque la communication est terminée, l'abonné de Casablanca ayant raccroché, la lampe de supervision fonctionne ; l'opératrice prévenue met sa clé II dans la position AR, ce qui a pour effet d'envoyer le courant de la batterie en quantité au relais de libération R_2 . Ce relais fonctionnant, le transformateur T_2 disparaît du circuit, qui se trouve de nouveau en position d'appel. De plus, l'attraction de l'armature de ce relais R_2 libère les organes de l'abonné demandé, lesquels étaient maintenus par la boucle sur le secondaire de T_2 . La libération des organes supprime la terre de R_1 , dont les contacts reviennent au repos.

Ce système, très robuste, fonctionne depuis bientôt deux ans d'une façon parfaite.

Les circuits Rabat—Casablanca étant exploités en groupes d'arrivée et de départ, le nombre des communications données par l'appel direct en automatique n'est pas sensiblement plus élevé que par l'appel manuel ; mais il permet de supprimer une opératrice à Rabat, et l'économie peut être évaluée à 5 centimes par communication. Or il s'échange, dans le sens Casablanca—Rabat, 300.000 communications par an ; l'économie réalisable chaque année est donc d'environ 15.000 francs.

Pour les centraux à batterie locale, les gains de l'appel direct automatique sont en moyenne de cinq communications par circuit aux heures chargées, soit une économie d'environ 15 centimes par communication. L'économie totale, pour neuf circuits, peut être évaluée à 50.000 francs par an.

Ajoutons qu'un central automatique sera installé vers la fin de 1930 à Casablanca, et que l'appel automatique direct entre les abonnés des réseaux de Rabat et de Casablanca est prévu.

BREVETS D'INVENTION.

I. TÉLÉGRAPHIE.

652.021. Installation de transmission électromagnétique, à partir d'un poste, de nombres et de signes à au moins un poste récepteur auquel le nombre ou le signe doivent être rendus visibles (société dite : Fabrique d'appareils électriques Favarger, Suisse).

652.889. Perfectionnements aux relais télégraphiques, enregistreurs et instruments analogues (Marconi's Wireless Telegraph Company, Angleterre).

653.147. Dispositif de contrôle applicable aux installations d'avertisseurs électriques à longue distance (Franz Rittmeyer, Suisse).

II. TÉLÉPHONIE.

651.809. Système de montage pour amplificateurs intermédiaires dans les lignes à deux fils (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

651.967. Disposition de connexion pour sous-centrales dans les installations téléphoniques à fonctionnement par sélecteurs (Telephon Apparat Fabrik E. Zwietusch et Co, Allemagne).

652.090. Poste téléphonique (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

652.297. Condensateur (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Allemagne).

652.421. Perfectionnements aux systèmes électriques de signalisation (Le matériel téléphonique, France).

Description d'un montage permettant, au moyen d'un certain nombre de relais commandés par les courants vocaux, d'utiliser un dispositif fonctionnant dans un seul sens, tel qu'un changeur de fréquence ou « scrambler », pour la transmission sur les deux voies d'un circuit à quatre fils, sans augmenter l'importance des effets d'écho et sans accroître le danger d'amorçage.

652.501. Dispositif pour l'émission d'appels d'alarme et leur transmission automatique par la ligne téléphonique officielle (Alfred Weisel et Adolf Caesar, Allemagne).

652.733. Disposition de couplage pour installations téléphoniques à fonctionnement par sélecteurs (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

652.787. Perfectionnements aux systèmes de transmission d'appel (Société Lignes télégraphiques et téléphoniques, France).

652.801. Appareil sélecteur d'appel par impulsions successives principalement applicable en téléphone (Arturo Perego, Italie).

652.805. Dispositif de couplage pour les installations de téléphonie automatique (Friedrich Merk, Allemagne).

652.935. Disposition de connexion pour installations téléphoniques avec bureaux intermédiaires principaux et auxiliaires et avec service par sélecteurs (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

652.936. Mode de connexions pour sélecteurs à service double dans les installations téléphoniques (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

652.937. Mode de montage d'installations téléphoniques à centraux principaux et sous-centraux (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

652.986. Mode de montage pour la transmission des informations par l'intermédiaire de lignes téléphoniques (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

653.131. Téléphone à pièces de monnaie (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

653.185. Téléphone à pièces de monnaie à établissement automatique des communications (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

653.852. Câble téléphonique à charge punctiforme (Siemens Schuckertwerke Aktiengesellschaft, Allemagne).

On donne aux sections de pupinisation à poser aux grandes profondeurs d'eau une capacité plus petite que celle des sections à poser aux faibles profondeurs, de sorte qu'après la pose toutes les sections aient à peu près la même capacité.

33.772. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques (Le matériel téléphonique, France) (1^e addition au brevet 608.242).

III. TRANSMISSION DES IMAGES.

651.915. Procédé de transmission des images en utilisant des clichés intermédiaires en acier magnétisés (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Allemagne).

652.125. Perfectionnements aux systèmes de télévision (Electrical Research Products, Etats-Unis d'Amérique).

IV. RADIOCOMMUNICATIONS.

651.720. Dispositif d'équilibrage de tension pour transmetteurs à tubes (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Allemagne).

651.746. Perfectionnements aux moyens de transformer les oscillations électriques en vibrations mécaniques et inversement (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

651.804. Procédé de réglage automatique de l'amplification aux récepteurs pour la téléphonie à haute fréquence par conducteurs (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Allemagne).

651.817. Perfectionnements aux dispositifs piézo-électriques utilisés dans les systèmes de signalisation électrique (Le matériel téléphonique, France).

651.864. Perfectionnements aux systèmes de télécommunication (Serge Condrea, France).

651.879. Perfectionnements apportés aux lampes à gaz ionisable (Georges Mabboux, France).

651.889. Dispositif de commande unique des réglages des postes de T.S.F. (Louis Jallier, Belgique).

651.988. Perfectionnements aux moyens de commander les émissions de courants de haute fréquence (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

652.000. Système de communication par courant porteur (Lo-vejoy Development Corporation, Etats-Unis d'Amérique).

652.146. Contrôleur automatique pour la mise en fonctionnement et pour l'arrêt d'un récepteur radio (Harry Huthmacher, Angleterre).

652.173. Montage pour dispositifs à lampes triodes particulièrement pour transmetteurs de télégraphie sans fil (C. Lorenz Aktiengesellschaft, Allemagne).

652.301. Dispositif compensateur de circuits oscillants pour appareils de T.S.F. (Jean-René Lecoq, France).

652.302. Perfectionnements aux dispositifs de chauffage des filaments des différentes lampes d'un même poste de T.S.F. (Jean-René Lecoq, France).

652.362. Installations radioélectriques à bord des véhicules (Frédéric-Paul Farish, France).

652.429. Combinateur petites ondes, grandes ondes, pour changeur de fréquence avec cadre (André Laporte, France).

652.490. Amélioration d'un poste de T.S.F. à résonance et à détectrice à réaction (Marcel-André-Alphonse Aucouturier, France).

652.494. Lampe électrique dont le corps ou socle constitue un réceptacle pour appareil récepteur de télégraphie sans fil (Alfred Larco, France).

652.535. Montage sur cadre pour réception et direction des ondes électromagnétiques (Nederlandsche Telegraaf Maatschappij « Radio-Holland », Pays-Bas).

652.908. Dispositif d'accord pour antenne réceptrice de poste radiotéléphonique et radiotélégraphique ou autres applications (Maurice Chanu, France).

652.980. Nouveau changeur de fréquence en télégraphie et en téléphonie sans fil (Joseph Layraud, France).

653.049. Cathode chaude pour lampe ou valve chauffée par courant sinusoïdal ou alternatif (Société française des lampes à incandescence « Luxor », France).

653.052. Perfectionnements aux postes récepteurs de T.S.F. (Raymond Chamousset et Albert Milgeon, France).

653.074. Perfectionnements aux appareils récepteurs de télégraphie et téléphonie sans fil pour permettre l'amplification en haute fréquence des ondes inférieures à 500 mètres (Joseph Armand Braleret, France).

653.157. Perfectionnements apportés à l'emploi des lampes audions (Louis Denizot, France).

653.168. Dispositif de commande unique de rotation d'organes plus particulièrement applicable aux récepteurs de T.S.F. (François Savoye, France).

653.187. Haut-parleur à membrane semi-rigide (André Laffineur, France).

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Les petits paquets (J. Lenggenhager, *Union postale*, mars 1929). — La commission préparatoire du congrès postal universel de Londres, qui a siégé dernièrement à Paris, a décidé entre autres, par un vote de majorité, de recommander au congrès l'adoption de la proposition relative à la création d'une catégorie spéciale d'envois de la poste aux lettres dénommés *petits paquets*.

Cette mesure aurait pour effet de permettre, dans l'échange entre les pays qui se seraient déclarés d'accord, l'expédition de tous les envois ouverts jusqu'au poids d'un kilo, contenant des objets avec valeur marchande ou passibles de droits de douane, qui répondraient aux conditions générales d'expédition des échantillons de marchandises, et cela moyennant affranchissement de 15 centimes par échelon de poids de 50 grammes, avec minimum de 50 centimes par envoi. A cette taxe, s'ajouteraient un droit postal de dédouanement de 50 centimes au maximum et un droit facultatif de distribution de 25 centimes, de sorte que le coût du transport d'un paquet d'un kilo pourrait atteindre 3,75, sans les droits de douane. A côté de ce nouveau mode d'expédition, subsisterait la possibilité actuelle d'expédier aussi des marchandises dans des lettres fermées jusqu'au poids de 2 kilos, avec et sans valeur déclarée, ainsi que dans des boîtes avec valeur déclarée jusqu'à 1 kilo. De même, la catégorie des échantillons de marchandises continuerait à exister, avec la taxe de 5 centimes par 50 grammes et 10 centimes au minimum et une limite de poids de 500 grammes. On aurait ainsi, à l'avenir, les possibilités suivantes d'expédier des marchandises par la poste aux lettres :

- | | |
|--|-------------------|
| 1. dans des lettres fermées jusqu'à 2 kilos, | |
| 2. dans des lettres avec valeur déclarée jusqu'à 2 kilos, | comme jusqu'ici ; |
| 3. dans des boîtes avec valeur déclarée jusqu'à 1 kilo, | |
| 4. dans des envois ouverts d'échantillons de marchandises jusqu'à 500 grammes, | nouveaux. |
| 5. dans de petits paquets ouverts jusqu'à 1 kilo, | |

Il semble bien que l'intention de créer encore cette dernière possibilité constitue la preuve que les quatre premières, qui existaient déjà, ne se sont pas, dans la pratique, révélées suffisantes ou de nature à donner satisfaction.

En fait, dans le cas n° 1, la taxe des lettres est estimée trop élevée, surtout pour des objets dont la valeur est minime. En outre, il arrive que le secret postal est inutilement compromis, car souvent, sur la simple supposition qu'ils contiennent des marchandises passibles de droits de douane, des envois sont dirigés sur le bureau des douanes et ouverts, alors qu'ils ne renferment que des documents un peu volumineux.

Cas n° 2. Les lettres avec valeur déclarée ne se prêtent pas, par leur nature, à l'envoi de marchandises, et il est notoire qu'elles n'ont pas été créées pour cela.

Cas n° 3. Les boîtes avec valeur déclarée sont destinées, avant tout, à l'expédition d'objets en métaux précieux ou de bijoux de toutes sortes, et beaucoup moins à l'envoi de marchandises de valeur minime. Pour celles-ci, la taxe en est aussi trop élevée, et surtout ce mode d'expédition est trop compliqué.

Cas n° 4. Les envois d'échantillons de marchandises devraient, d'une part, ne contenir que des échantillons véritables et *bona fide*, d'autre part, ne renfermer aucun objet ayant une valeur marchande (Convention postale universelle : art. 34, § 6). Or les discussions qui, depuis longtemps, se renouvellent à chaque congrès postal au sujet de l'antinomie existant entre la conception théorique de cette disposition et son application pratique, montrent bien que, dans les services d'exploitation de tous les pays, la situation à cet égard est envisagée comme intenable et non satisfaisante. Elle suscite, en effet, les questions suivantes qui, aujourd'hui encore, ne sont pas résolues :

1. Existe-t-il une marchandise, d'un poids de 500 grammes par exemple qui puisse être considérée partout et véritablement comme dénuée de toute valeur marchande ?

2. Comment faire la différence entre un objet servant effectivement et exclusivement d'échantillon en vue d'une commande subséquente de la même marchandise et un objet pareil représentant lui-même la marchandise commandée ? (exemple : un verre d'optique isolé) ;

3. Quatre faux-cols neufs différents, tenant réellement lieu d'échantillons, mais ayant une valeur marchande de 90 centimes la pièce, seraient, en vertu de l'art. 34, § 6 précité, exclus du transport à la taxe des échantillons de marchandises.

Pour donner satisfaction aux exigences du commerce, et vu la rigueur de la disposition en cause, la majorité des administrations a, *de facto*, renoncé depuis longtemps à l'observer strictement, pour adopter un *modus vivendi* plus tolérant. Les besoins pratiques de la vie quotidienne ont ainsi triomphé de l'étroitesse théorique et fait naître, par progression, l'idée des *petits paquets*, dont l'introduction est maintenant proposée par la commission préparatoire.

Il n'y a pas lieu de s'étonner qu'il ait fallu d'abord surmonter un certain nombre de scrupules et de difficultés provenant de diverses sources, avant que la décision de majorité prise par cette commission n'ait pu intervenir. On paraît notamment avoir invoqué, contre l'innovation, les arguments suivants :

1. Entrave au service de la poste aux lettres, constituée par ces envois lourds, dont le nombre augmentera sans doute très sensiblement ;

2. Disproportion entre l'expédition et la réception dans les échanges de pays à pays et, partant, inégale répartition des charges : pour le pays d'expédition, augmentation des recettes d'affranchissement, pour celui de destination, gros frais de distribution, et pour les pays intermédiaires, perte des frais de transit actuels pour colis postaux jusqu'au poids d'un kilo. (la même remarque peut d'ailleurs aussi être faite en ce qui concerne les lettres et lettres avec valeur déclarée lourdes, qui peuvent même atteindre le poids de 2 kilos, ainsi qu'à l'égard des boîtes avec valeur déclarée jusqu'à 1 kilo) ;

3. Difficultés, dans beaucoup de pays, en matière de formalités et d'opérations douanières.

Le fait que, malgré ces griefs, une majorité s'est, en fin de compte, prononcée en faveur de l'introduction des petits paquets, doit être attribué à un très louable désir d'entente réciproque, ainsi qu'à l'acceptation d'un droit spécial de distribution destiné en quelque sorte à compenser la perte de la taxe terminale des colis postaux. Tout bien considéré, cette décision est heureuse, et l'on peut l'enre-

gistrer comme un premier pas dans la voie de la suppression totale des inconvénients reconnus du système des envois-lettres avec marchandises.

Il est certain, en effet, que ces inconvénients ne disparaîtraient tout à fait que s'il était possible d'admettre les petits paquets ouverts ou fermés, non recommandés, recommandés, ou avec valeur déclarée, et enfin à une taxe se rapprochant à peu près de la taxe actuelle des échantillons de marchandises. Une telle solution permettrait simultanément :

a) de supprimer la catégorie des boîtes avec valeur déclarée et celle, indéfinissable, des échantillons de marchandises ;

b) d'interdire l'insertion indésirable de marchandises dans les lettres ordinaires et lettres avec valeur déclarée, de rendre à ces catégories d'envois leur destination primitive, et peut-être d'en réduire le poids maximum à 1 kilo.

Les petits paquets, tant ouverts que fermés, ne pourraient contenir aucune communication personnelle, afin que leur caractère d'envois de marchandises soit nettement établi, par opposition à celui des lettres proprement dites. Tous les petits paquets, sans exception, devraient être munis de l'étiquette douanière verte et soumis au contrôle douanier. Ceux qui ne répondraient pas aux prescriptions pourraient être renvoyés comme non admis ou frappés de la taxe des lettres.

On peut envisager que l'application aux petits paquets de la simple taxe des échantillons se justifierait par le fait qu'actuellement les échantillons proprement dits et, entre les pays qui les admettent, les marchandises de valeur minime bénéficient de cette taxe et qu'il ne semble pas équitable d'en rendre le transport plus coûteux. Il paraîtrait plutôt indiqué d'obtenir la compensation des frais spéciaux occasionnés par ces envois, par le moyen d'un droit postal de dédouanement et d'un droit de distribution.

A titre de mesure transitoire, il conviendrait toutefois de laisser à chaque administration la liberté de n'accepter, comme jusqu'ici, à la réception et à l'expédition, que de petits paquets ouverts contenant des échantillons de marchandises non vendables.

INFORMATIONS.

Poste aérienne. — Depuis le 21 mai, le service postal aérien Paris—Berlin est prolongé sur Moscou, par Königsberg, Riga et Smolensk.

Depuis la même date, les services aériens Moscou—Bakou et Bakou—Téhéran et au delà, qui prolongent la ligne aérienne Paris—Berlin—Moscou, peuvent également être utilisés pour la transmission des correspondances de toute nature, ordinaires ou recommandées, originales de France et à destination de l'Ukraine, de la région du Don, du Kouban, de la Caucasic (Tchetchenie), de l'Azerbaïdjan et de la Perse.

Depuis le 6 juin, les correspondances par avion d'origine française à destination de l'Italie, de la Grèce et de la Syrie, peuvent être acheminées par la ligne aérienne Marseille—Naples—Corfou—Athènes—Beyrouth.

Vers la permanence du service téléphonique. — On sait que, depuis le 1^{er} août 1928, le service téléphonique, en France, est permanent dans tous les réseaux comptant plus de 200 abonnés.

Dans les réseaux moins importants, les abonnés ne pouvaient, quelle que fût l'urgence, utiliser leur poste téléphonique pendant les heures de fermeture du service et notamment pendant la nuit.

Cette facilité leur est maintenant donnée. Depuis le 1^{er} juin, les abonnés de tous les réseaux à service non-permanent peuvent appeler pendant les heures normales de clôture du service, c'est-à-dire à toute heure de jour ou de nuit, pour demander des communications téléphoniques motivées par des *circonstances exceptionnelles* : par exemple, pour signaler un sinistre, un accident, l'atterrissage forcé d'un avion, un danger menaçant la sécurité publique ou celle d'un particulier, la rupture d'une ligne d'énergie électrique, l'interruption imprévue d'un service d'utilité publique ; pour réclamer des secours, une ambu-

lance, faire appel, dans les cas urgents, à un médecin, une sage-femme, un vétérinaire.

Toute communication téléphonique urgente demandée en dehors des heures normales d'ouverture du service donne lieu au paiement de la taxe normale, majorée d'une surtaxe fixée comme il suit :

en semaine,	$\left\{ \begin{array}{l} \text{de } 7 \text{ à } 8^{\text{h}} \\ \text{de } 12 \text{ à } 14^{\text{h}} \\ \text{de } 7 \text{ à } 8^{\text{h}} \end{array} \right\}$	2 ^f par appel et par bureau dérangé, avec maximum de 4 ^f ;
en semaine, de 21 à 24 ^h	$\left\{ \right.$	5 ^f par appel et par bureau dérangé, avec maximum de 10 ^f ;
le dimanche de 11 à 24 ^h	$\left. \right\}$	
de minuit à 7 ^h	$\left\{ \right.$	10 ^f par appel et par bureau dérangé, avec maximum de 20 ^f .
	$\left. \right\}$	

Les communications ayant pour objet de signaler un sinistre ou un danger menaçant la sécurité *publique* sont exonérées de la surtaxe.

Les mêmes facilités sont, dans les mêmes conditions, réservées aux usagers non-abonnés, à partir de la cabine du bureau de poste central de la localité.

Concours d'admission à la 1^{re} section de l'Ecole professionnelle supérieure des postes et télégraphes (avril 1929) : sujets des épreuves écrites. — *Rédaction sur un sujet général.* — Expliquer et commenter cette pensée d'un philosophe contemporain (Jules Lagneau) : « Savoir, c'est pouvoir, disait Hobbes. Les progrès de la civilisation nous donnent depuis un siècle une démonstration éclatante de cette vérité. Qu'est-ce pour l'homme que *se civiliser*, sinon plier la nature et la soumettre à son empire ? Nul progrès dans l'*ordre intellectuel et moral* qui n'ait sa base dans un progrès de l'*ordre matériel* ». (Discours prononcé à la distribution des prix du lycée de Nancy le 4 août 1880.)

Rédaction sur le service postal. — Qu'entend-on par échantillon dans le régime intérieur et dans le régime international ?

Que pensez-vous des limites de poids actuelles ? La création du paquet-lettre et l'admission des objets passibles de droits de douane sont-elles suffisantes, dans les conditions actuelles de la réglementation, pour satisfaire aux exigences de la clientèle ? Faites l'examen

critique de cette réglementation et indiquez les améliorations qu'il conviendrait d'y apporter.

Rédaction sur le service électrique. — Parts contributives à l'établissement des lignes d'abonnement téléphonique : définition ; taux ; conditions d'exonération ou de réduction de tarif ; justification de la réglementation actuelle. Estimez-vous qu'il serait profitable, tant à la bonne exécution du service qu'au développement du réseau, d'aller plus loin dans la voie des exonérations ou réductions de tarif ?

Droit administratif et droit civil. — L'administration de la commune.

Géographie. — L'océan Atlantique et les mers qui en dépendent (sauf la Méditerranée). Principaux ports qui le bordent et grandes lignes de navigation qui le traversent.

Mathématiques. — I. On donne un quart de cercle de rayon R , limité aux rayons OA et OB . D'un point M du quart de cercle, on mène les perpendiculaires MP sur OA , MQ sur OB , et l'on pose $OP = x$.

1° Déterminer x de manière que l'on ait : $MP + 2 MQ = l$, l étant une longueur donnée. Discuter. Quelle est la plus grande valeur que peut prendre l pour que le problème soit possible ?

2° On mène au cercle la tangente en M , qui rencontre en T le prolongement de OA . Calculer, en fonction de R , le volume engendré par le triangle OMT tournant autour de OA , dans le cas où l a sa valeur maximum.

II. On considère deux cercles de centres O et O' , tangents extérieurement en A . On mène par A , respectivement dans chacun des cercles, deux cordes AM et AM' perpendiculaires.

1° Démontrer que les rayons OM et $O'M'$ sont parallèles.

2° Démontrer que, lorsque les cordes AM , AM' tournent autour de A en restant perpendiculaires, la droite MM' rencontre OO' en un point fixe S .

3° Démontrer que le milieu de MM' se déplace sur le cercle de diamètre OO' .

Physique. — I. Aimantation du fer doux et de l'acier par les champs magnétiques.

II. Poids des corps : définition et mesure par le dynamomètre et par la balance.

Chimie. — I. Quelles sont les propriétés qui caractérisent un acide, une base, un sel ?

II. L'alcool éthylique.

Les récentes améliorations apportées au service téléphonique en Grande-Bretagne. — La branche du service téléphonique qui a été sans doute le plus en progrès en Grande-Bretagne, au cours de la période s'étendant du 31 mars 1925 au 31 mars 1928, c'est la téléphonie automatique. Cette période est marquée par l'installation et la mise en service à Londres des premiers bureaux centraux du système à directeur. Les premiers centraux ouverts au service furent le « Mechanical tandem » et « Holborn », installés tous deux dans le même immeuble. Suivirent ensuite, dans l'ordre des dates d'ouverture, les centraux de Bishopsgate, Sloane, Bermondsey, Monument et Western. « Mechanical tandem » est un bureau de jonction, d'où rayonnent des lignes vers les autres centraux automatiques et manuels du réseau de Londres, et c'est à travers ce bureau qu'est aiguillé le trafic en provenance et à destination des bureaux entre lesquels n'existent pas de lignes directes de jonction. Un des problèmes les plus importants à résoudre pour convertir un réseau manuel en réseau à commutation automatique, c'est de trouver les moyens de maintenir un bon service pendant tout le temps que durera la transformation. Comme on a voulu que la méthode d'appel soit uniforme, du moins quand l'abonné appelle un autre abonné du même réseau, il a fallu, pour réaliser ces conditions d'exploitation, exécuter de nombreux travaux, non seulement dans les centraux automatiques, mais aussi dans les bureaux manuels existants. Lors de la mise en service du central Holborn, on eut à enregistrer divers mécomptes, surtout aux heures chargées ; mais cette expérience a porté ses fruits, et les centraux inaugurés ultérieurement se sont parfaitement comportés dès leurs premiers essais. On espère que treize nouveaux centraux automatiques pourront être mis en service à Londres dans le courant de l'année 1929.

Des progrès considérables ont été réalisés également dans les

provinces en ce qui touche l'introduction de l'automatique, et l'administration possède actuellement environ 125 centraux automatiques en service. Parmi les nouveaux réseaux convertis en automatique, on peut citer ceux de Nottingham, Leicester, Sheffield, Hanley, the Hartlepoons, Edinburgh, Brighton et Chatham. Le nombre des postes fonctionnant en automatique, pour l'ensemble du pays, s'élève à présent à environ 15 % du nombre total des postes en service, qui, à la fin d'août 1928, était de 1.677.956. Dans ce nombre, 595.342 se trouvent à Londres même et 1.082.614, en province.

Environ 4.000 cabines à prépayement ont été installées à la place des anciens types. De plus, pour permettre aux abonnés et autres usagers d'obtenir certaines communications interurbaines sans qu'il y ait lieu de recourir à l'intervention d'une opératrice, les appareils à prépayement fonctionnent quand on y introduit des pièces d'un penny, de six pences et d'un shilling. Il en résulte que le nombre des postes de ce type qui peuvent être desservis par une même opératrice est plus grand qu'avec les anciens modèles, ce qui procure une économie de matériel et de personnel. Une cabine manuelle peut être facilement convertie en automatique, et l'introduction des derniers types à prépayement a amené la réduction du nombre des positions de services spéciaux.

Les grands câbles souterrains à grande distance entre Londres et le pays de Galles, Londres et les comtés de l'ouest et de l'est, Londres et l'Ecosse ont été achevés, et l'on a installé de nouvelles stations de répéteurs à Newport, Gloucester et Birmingham, Taunton ; Marks Tey et Haleswarth ; Leeds, Catterick, Newcastle, Jedburgh et Edinburgh. Plusieurs amplificateurs sur cordons ont été installés à Manchester dans le but de fournir un meilleur service aux titulaires de lignes privées, et deux autres ont été placés à Inverness afin d'améliorer le service dans la zone nord de cette ville. Il faut noter, à propos des derniers câbles posés, la tendance à employer une charge plus légère qu'autrefois, ce qui élève la fréquence de coupure et a pour heureux effet de réduire la distorsion de phase. Ceci est dû surtout à l'usage de plus en plus étendu des câbles pour les retransmissions radiophoniques ; la transmission de la musique exigeant une bande de fréquences plus large que celle de la parole.

Aux Etats-Unis, grâce à l'emploi de noyaux en permalloy au lieu de noyaux en poudre de fer, on a réduit considérablement les dimensions des bobines individuelles de charge et par conséquent celles des pots où ces bobines sont contenues. L'évolution de la bobine Pupin a donc franchi trois étapes : on est passé des bobines sans noyaux aux bobines à noyaux en fils de fer fin, puis aux noyaux en poudre de fer, et enfin aux noyaux en permalloy. Les tout derniers types de noyaux sont constitués par du permalloy en poudre, comprimé sous forme de disques minces et ayant subi un traitement thermique spécial. Grâce à la haute perméabilité de cet alliage, aux faibles densités de flux, on peut adopter, pour la substance entrant dans le circuit magnétique, une section transversale beaucoup moindre que si l'on utilisait même le meilleur fer doux. Les études concernant les propriétés magnétiques des alliages du fer se poursuivent encore en vue de nouveaux progrès, et l'American Telegraph and Telephone Co a fait connaître tout récemment qu'elle est en mesure de fabriquer un alliage dont l'emploi permettrait de réaliser un câble téléphonique sous-marin susceptible de transmettre la parole d'une manière satisfaisante à travers tout l'Océan Atlantique.

(The Journal of the Institution of electrical Engineers.)

Les derniers câbles téléphoniques sous-marins posés entre la Grande-Bretagne et le continent. — L'augmentation du nombre de communications téléphoniques échangées entre la Grande-Bretagne et les autres pays européens a été rendu possible par la pose, entre les Iles britanniques et le continent, de nouveaux câbles téléphoniques, la plupart à charge continue. Le premier câble isolé au papier, à charge continue et sous enveloppe de plomb, fabriqué en Angleterre par la maison Siemens brothers fut posé par ses soins, en août 1924, entre Aldeburgh (Suffolk) et Domburg (Hollande). Avant cette date, et entre les mêmes points, existait un câble sous gutta et chargé avec des bobines qui avait été également fabriqué et posé par Siemens brothers, en 1922. Un troisième câble, manufacturé par la maison Felten et Guillaume de Mulheim, près Cologne, fut posé sur le même trajet, en avril 1926. Il est du même type que le câble de 1924, c'est-à-dire qu'il comprend quatre quarts

(8 circuits physiques), mais avec une âme centrale formée par un conducteur unifilaire. Les conducteurs constituant les quarts sont en fil de cuivre doux, de 0 pouce 0917 de diamètre et autour de chacun est enroulé un fil de charge spécial en fer au silicium de 0^p,0079 de diamètre. L'âme centrale est faite de 7 fils de cuivre de 0^p,0319 de diamètre chacun et autour d'elle est enroulé un fil de charge en fer de 0^p,0118 de diamètre. Comme isolant, on a employé le papier, les quarts se distinguant entre elles par les différentes couleurs attribuées à chacun des enroulements de papier. Le tout est enfermé dans deux enveloppes de plomb ayant chacune 0^p,079 d'épaisseur. L'armure est constituée par 22 fils d'acier ayant chacun 0^p,228 de diamètre ce qui donne à l'ensemble un diamètre extérieur de 2^p,17 et un poids approximatif de 19 tonnes 8 par mille nautique.

Le câble anglo-belge de Dupton Gap à la Panne a été mis en service pendant l'automne de 1926 et, au début de l'année suivante, fut posé un câble franco-anglais entre Scabrock, près de Folkestone, et Audrecelles qui se trouve à une quinzaine de kilomètres au nord de Boulogne. Ces deux câbles sont de fabrication identique et comprennent chacun 7 quarts (14 circuits physiques et 7 circuits combinés). Chaque conducteur est chargé d'une manière continue par un enroulement en fil de fer et est isolé au papier. L'ensemble est enfermé dans une double enveloppe de plomb. Du côté anglais, les extrémités aboutissent dans les guérites où elles sont raccordées aux câbles souterrains de mêmes caractéristiques qui se terminent à la station de répéteurs de Canterbury. Le câble français est raccordé de la même manière et est prolongé d'Audrecelles à la station de répéteurs de Boulogne. Le câble peut donc être considéré comme s'étendant de Canterbury à Boulogne. En Belgique, la station de répéteurs est au bout du câble sous-marin à la Panne. Par suite des violents effets de la marée dans les parages du cap Gris Nez et de la nature rocheuse du fond marin, il se produisit des crevasses latérales dans les enveloppes du câble franco-anglais, très peu de temps après sa pose. On souleva hors de l'eau la longueur défectueuse du câble et, sur cette longueur, on remplaça la double enveloppe primitive par une enveloppe simple constituée par un alliage plomb-antimoine-cadmium. Entre l'enveloppe et l'armure, se trouvent, d'abord un

recouvrement de compound bitumé, puis une couche de ruban de toile de coton spéciale, 4 couches de ruban de caoutchouc pur et de caoutchouc mélangé d'autres produits et 4 autres couches de ruban de caoutchouc pur et de permanite. Enfin, immédiatement au dessous de l'armure, il y a une couche de ruban en toile de coton. Le caoutchouc fut durci en passant le câble une seconde fois à la presse afin de remplacer l'enveloppe externe en plomb. Le but de l'emploi du caoutchouc est, premièrement, d'amortir les vibrations auxquelles le plomb peut être soumis et, deuxièmement, d'empêcher l'introduction de l'eau dans le cas où des crevasses viendraient à se produire dans le plomb. Depuis la modification apportée à la structure d'une partie du câble, on n'a plus remarqué de défauts ; son tracé fut d'ailleurs légèrement dévié, afin d'éviter autant que possible les fonds rocheux exposés aux courants marins. Ces deux câbles fournissent un excellent service et on a pu les utiliser, grâce à leur fréquence de coupure élevée, pour des retransmissions musicales provenant des stations continentales de radiodiffusion.

L'île de Wight a été reliée à la côte anglaise par un autre câble téléphonique posé en septembre dernier de Lumps Fort, Portsmouth à Nettleston Point, Seaview. Ce câble est unique dans sa structure, en Angleterre tout au moins, car il est chargé avec des bobines, son âme est isolée au papier, et il est enfermé dans une enveloppe de plomb. Les conducteurs sont câblés en 7 quarts et chaque conducteur est en cuivre dont le calibre correspond à 40 livres de métal par mille anglais (1.609^m). Les circuits combinants sont chargés par des bobines dont l'inductance est d'environ 44^{mH}. La distance entre bobines est de 1 mille anglais. Le câble est enfermé dans deux enveloppes en un alliage de plomb constitué par 99,25 % de plomb, 0,50 % d'antimoine et 0,25 % de cadmium. L'armure est formée par 19 fils en fer galvanisé de 0^p,236 de diamètre chacun. Le diamètre extérieur du câble ainsi constitué est de 2^p,13 et son poids s'élève à 15 tonnes 7 par mille. Les trois derniers câbles dont nous venons de parler ont été fabriqués et posés par la maison Siemens brothers. La même firme fabrique actuellement une série de câbles qui relieront le réseau téléphonique anglais à celui de l'île de Man, ce qui améliorera considérablement les communications avec le nord

Tableau indiquant les câbles téléphoniques sous-marins, revêtus d'une enveloppe de plomb, atterrissant en Angleterre, à la date du 1^{er} janvier 1928.

CABLE	Points terminus.	Long. approx. en milles nautiques	Date de la pose.	Constante d'affaiblissement par mille de boucle *	Impédance caractéristique *	Type de charge.
Anglo-hollandais n° 2 (4 quarts).	Aldeburgh-Domburg	83	août 1924	0,0200	414 vecteur ohms 6°22'	continue
Anglo-hollandais n° 3 (4 quarts + 1).	Aldeburgh-Domburg	86	avril 1926	0,0180 circuits de la périphérie 0,0227 circuit central	439 vecteur ohms 6°0'	continue
Anglo-belge (1926) (7 quarts).	Canterbury-La Panne	65	juillet 1926	0,0276 circuits de la périphérie 0,0274 circuits centraux	286 vecteur ohms 8°17'	continue
Anglo-français (1926) (7 quarts).	Canterbury-Boulogne	49	mars 1917	0,0273 moyenne :	388 vecteur ohms 8°15'	continue
Ile de Wight (7 quarts)	Lumps Fort-Nettleston Point	5,35	septembre 1928	0,0326 circuits de la périphérie 0,0326 circuits centraux	815 vecteur ohms 6°19'	bobines de charge
Ile de Man (4 quarts + 1)	Portsmouth-Seaview Blackpool-Port Erin	— 67	— en construction 1 ^{er} janv. 1928	0,029 maximum spécifié	805 vecteur ohms 6°43'	44 milles par mille continue

* Constante d'affaiblissement et impédance caractéristique mesurées avec un courant de 1 mA à la fréquence de 2000 radians par seconde

$$\text{équivalent de câble standard} = \frac{\text{constante d'affaiblissement} \times \text{longueur}}{0,10016}$$

Par exemple, le câble anglo-hollandais n° 2 a une valeur de transmission égale à 16 milles de câble standard. Cette valeur rentre bien dans les limites d'une exploitation téléphonique commerciale et est susceptible d'être convenablement améliorée par l'utilisation d'un répéteur. 1,088 milles de câble standard = 1 décibel.

de l'Irlande. Le système comprendra un câble souterrain isolé au papier (4 quarts et un conducteur central, tous à charge continue), posé entre le bureau de Blackpool et Norbeck (3 milles de longueur environ) et un câble similaire allant de Port Grenaugh (point d'atterrissage du câble sous-marin dans l'île de Man) à la station de répéteurs de Port Erin (environ 9 milles). Ce câble sous-marin, de même construction et de même capacité que celui de l'île de Wight mais avec deux enveloppes en alliage de plomb et une armure, sera immergé entre Norbeck et Port Grenaugh sur une distance d'environ 58 milles nautiques. On posera également de Port Erin à Ballyhoran en Irlande, pour desservir Belfast et le nord de l'Irlande, deux câbles armés d'environ 31 milles nautiques de longueur, chacun ayant une âme à 4 conducteurs, 160/150, isolés à la balata. Sur une longueur de 1/2 mille, à chaque extrémité du câble, on substituera, comme isolant, la gutta-percha à la balata.

(The Journal of the Institution of Electrical Engineers.)

BIBLIOGRAPHIE.

Handwörterbuch des elektrischen Fernmeldewesens, publié avec la collaboration de plus de soixante-dix techniciens, sous la direction d'ERNST FEYERABEND, FRANZ BREISIG, HUGO HEIDECKER, AUGUST KRUCKOW, hauts fonctionnaires du ministère des postes d'Allemagne. Berlin, Julius Springer ; Paris, H. le Soudier, 1929. 2 vol. in-4° formant xi + 1783 pages, avec 2769 figures. — Prix (demi-reliure en cuir) : 192 marcs.

Les communications électriques ont subi, au cours de ces dix dernières années, un développement extraordinairement rapide. Elles constituent aujourd'hui un grand domaine scientifique indépendant, de caractère divers mais cependant très original, et qui, au delà de la physique et de la technique, empiète aussi, par son côté pratique, sur les sciences économiques et juridiques. A cause de son évolution rapide, par bonds successifs, la science des communications électriques n'avait pu, jusqu'à présent, être exposée sous la forme d'un dictionnaire avec tous les détails compatibles à la fois avec ce genre de présentation et avec l'importance des sujets traités.

L'ouvrage qui vient de voir le jour sous le titre de *Handwörterbuch des elektrischen Fernmeldewesens* doit combler cette lacune. Par la multitude des questions très spéciales qui y sont traitées, il constitue un aide-mémoire précieux que tout technicien peut consulter avec fruit avec la certitude d'y trouver les éléments indispensables à la poursuite de ses travaux. Mais ce dictionnaire sera également bien accueilli dans les cercles industriels et commerciaux et leurs organismes économiques, de même que dans les milieux politiques et journalistiques, car il sera pour tous un auxiliaire nécessaire, où l'on trouvera des renseignements sur toutes les questions qui se présentent quotidiennement dans le domaine des communications.

Le dictionnaire paraît en deux volumes in-4°, commodes à

manier et à consulter ; les matières traitées se rapportent aux grandes divisions suivantes de la technique des communications électriques : Principes généraux de la physique, électricité théorique, montages, technique de la télégraphie, de la téléphonie et de la radio (y compris la signalisation pour voies ferrées, mines et bateaux), construction des lignes, exploitation des installations télégraphiques et téléphoniques, réglementation, tarifs et principes ayant présidé à l'établissement des tarifs, droit pratique s'appliquant à ce domaine, statistiques, organisation de la télégraphie et de la téléphonie dans les divers pays, relations internationales, historique et évolution.

Nous appellerons surtout l'attention du lecteur sur les particularités suivantes. L'organisation des communications dans les différents pays est traitée d'une manière aussi détaillée que possible sous la rubrique du nom de ces pays, de même qu'on a condensé tout ce qui peut être publié concernant les principales compagnies télégraphiques et téléphoniques, rassemblant ainsi une multitude de renseignements qu'on ne saurait trouver facilement ailleurs. Les développements historiques se trouvent complétés par une sélection de brèves biographies concernant les nombreux pionniers dont les découvertes et les travaux ont contribué à l'avancement de la technique des transmissions. Les exposés concernant la technique proprement dite sont accompagnés de courtes notes complémentaires touchant les matières premières et le matériel usiné, ainsi que les procédés de fabrication. On a traité avec un soin particulier les questions relatives à l'établissement des tarifs, à l'exploitation et à la jurisprudence. Les articles les plus importants contiennent de nombreuses références bibliographiques ; et, en outre, sous la rubrique qui suit le mot « Schrifttum », on a dressé un tableau des ouvrages spéciaux et des revues techniques les plus récents s'occupant de cette branche de l'électricité. Afin que l'on puisse également utiliser jusqu'à un certain point ce dictionnaire comme lexique dans la traduction de langues étrangères, on a, dans la plupart des cas, fait suivre chaque titre d'article de sa traduction en anglais et en français.

Ce manuel des communications électriques est donc le *vademecum* du spécialiste. Il donnera une image exacte de la technique des transmissions électriques, de leur étendue et de leur importance

et sera, pour tous ceux dont l'activité s'exercera dans cette branche, un: **auxiliaire précieux toujours utile à consulter.** Parmi les collaborateurs ayant participé à la rédaction du dictionnaire, nous citerons les quelques noms suivants : O. Arendt, O. Brauns, P. Craemer, R. Franke, K. Höpfner, H. Jordan, Krauskopf, K. Küpfmüller, M. Langer, F. Lübberger, F. Lüschen, U. Meyer, Pohlmann, H. Salingner, H. Schulz, H.-C. Steidle, K.-W. Wagner.

Encyclopédie de la radio, par MICHEL ADAM. Paris, E. Chiron, s.d.. 1 vol. in-4° de 356 pages, avec 1550 figures. — Prix : 50 francs.

Cet ouvrage est un dictionnaire, destiné par conséquent à l'amateur qui désire être rapidement renseigné sur le sens d'un terme inconnu, mais dont la bonne volonté n'irait pas jusqu'à étudier un ouvrage suivi. Souhaitons que beaucoup d'amateurs consultent souvent leur encyclopédie : ils apprendront beaucoup de radio. Avec une habileté remarquable, M. Adam est parvenu à parler de choses souvent très difficiles d'une façon claire, simple, abordant franchement les difficultés ; c'est un continuel tour de force. Il est également à son aise en traitant toutes sortes de sujets : théorie pure, schémas, construction, appareillage... Les figures, très nombreuses et très bien faites, sont en rapport étroit avec le texte et le complètent très utilement. Enfin chaque mot est suivi de son correspondant anglais et allemand, et cela encore rendra bien des services. Cet ouvrage, qui a dû coûter un travail considérable, mérite de rencontrer un vif succès.

P. L. C.

L'énergie électrique de demain ; le problème de la transformation directe de l'énergie chimique potentielle en énergie électrique ; la pile au charbon, la pile à gaz et la pile aux hydrocarbures ; théorie et réalisation, par AUG. BERTHIER, ingénieur civil. Paris, Desforges, Girardot et C^{ie}, éditeurs, 1929. 1 vol. gr. in-8° de 236 pages, avec 53 figures. — Prix : 40 francs.

Parmi les graves problèmes qui sollicitent l'attention du monde savant et industriel, il n'en est guère de plus important que le problème de la production de l'énergie électrique. Or on sait que les

- méthodes techniques actuelles ont un rendement déplorable qui correspond cependant presque aux prévisions les plus optimistes de la théorie. Il semble donc particulièrement utile et intéressant de chercher si d'autres procédés ne permettraient pas d'obtenir des résultats plus favorables.

L'auteur qui depuis un quart de siècle s'est spécialisé dans l'étude de ce problème et lui a consacré, dans la presse scientifique, de nombreuses monographies, a pensé que le moment était venu d'exposer l'état de la question. L'heure paraît particulièrement favorable.

D'une part, en effet, la théorie électronique de la matière nous enseigne, et l'on peut même dire nous démontre, que celle-ci est composée essentiellement de véritables grains ou particules d'électricité. Si donc les électrons représentent réellement l'élément universel, constitutif du monde, nous disposons partout et toujours d'une mine inépuisable qu'il suffit d'exploiter.

D'autre part, de nombreuses tentatives, partiellement couronnées de succès, ont permis de constater, durant ces dernières années, que cette exploitation était réalisable et que le problème n'était pas pratiquement insoluble. Sans doute, les dispositifs de laboratoire qui ont été utilisés sont loin d'être parfaits, mais ils peuvent être perfectionnés et conduire à des méthodes industrielles.

Cet ouvrage a précisément pour but d'orienter les travaux des chercheurs vers la solution de cet important problème et de leur fournir une documentation aussi complète que possible qui leur permettra, dans une certaine mesure, d'éviter les essais infructueux et les inutiles recommencements.

Précis de mécanique rationnelle, par G. BOULIGAND,

Tome I^{er}, avec un choix de problèmes proposés à la licence et à l'agrégation et rédigés par J. Dollon. Paris, Vuibert, 1925. 1 vol. in-8° de 282 pages. — Prix : 36 francs.

M. Bouligand, dont les travaux personnels dans des régions élevées des mathématiques sont fort appréciés des spécialistes, trouve le moyen de rédiger en même temps des ouvrages d'enseignement très originaux. De temps à autre le besoin se fait sentir de rénover les ouvrages d'enseignement scientifique ; c'est le cas à présent pour

le cours de mécanique de la licence. — Les principes newtoniens de la mécanique, autrefois prouvés par l'expérience, ne présentent plus ce caractère. On pourrait encore, semble-t-il, les enseigner comme en cas limite ; mais il est bien plus éducatif d'accepter franchement les généralisations qu'ils ont subies, car on rencontre la notion d'espace courbe (à deux dimensions) dès le problème classique de la bille au fond d'une coupe, et le problème général de la mécanique analytique, lorsqu'il existe une fonction de forces, se ramène à celui-là, au nombre de dimensions près. Dans l'énoncé des théorèmes classiques, les vecteurs, précautionneusement introduits dans l'enseignement avec une lenteur que l'on pourrait qualifier d'adiabatique, ont fini par s'imposer, et il paraîtrait antédiluvien d'écrire encore « six conditions universelles d'équilibre » ou « six équations du mouvement » lorsqu'il s'agit d'annuler deux vecteurs (Il s'agit en réalité d'annuler *un* système de forces ou dymame ; mais la *Motorrechnung* n'est pas pour aujourd'hui, ni même je crois pour demain). Enfin la physique est revenue à n'être plus que jamais qu'un développement de la mécanique, et sur la pression de quelques-uns d'entre eux les physiciens se sont mis au régime quotidien des équations d'Hamilton, considérées hier encore comme purement spéculatives.

M. Bouligand a donné franchement satisfaction à ces besoins nouveaux, et sans sortir du programme de la licence l'a exposé de façon que l'étudiant ne se trouve pas désorienté en abordant la Physique moderne. Le talent de professeur de M. Bouligand apparaît notamment dans la façon dont il rend claires et attrayantes des considérations qui se trouvaient enfouies dans les « Leçons sur la Dynamique des systèmes matériels » de Delassus, ouvrage plein de vue, mais illisible de lourdeur et d'ennui. Tous ceux qui voudront rafraîchir leurs connaissances de mécanique rationnelle, et notamment sentiront le besoin d'une introduction à l'admirable *Introduction à la théorie des quanta* de Boll et Salomon, que nous recommandions l'autre jour, ne sauraient mieux s'adresser qu'au livre de M. Bouligand. P. L. C.

Electrons et photons, Rapports et discussion du cinquième conseil de physique Solvay, Bruxelles 1927. Paris, Gauthier-Villars, 1928. 1 vol. in-8° de VIII + 292 pages. — Prix : 60 francs

Ce volume s'ouvre par un hommage ému de M^{me} P. Curie au président défunt du comité scientifique du conseil de physique Solvay, H.-A. Lorentz. Notons que le comité scientifique a élu pour son nouveau président M. P. Langevin. Viennent ensuite les rapports suivants, accompagnés chacun d'une discussion : *L'intensité de réflexion des rayons X*, par W.L. BRAGG ; *Discordances entre l'expérience et la théorie électromagnétique du rayonnement*, par ARTHUR H. COMPTON ; *La nouvelle dynamique des quanta*, par LOUIS DE BROGLIE ; *La mécanique des quanta*, par MAX BORN et WERNER HEISENBERG ; *La mécanique des ondes*, par E. SCHRÖDINGER ; *Le postulat des quanta et le nouveau développement de l'atomistique*, par N. BOHR.

On ne s'attend pas à trouver ici l'analyse de ces rapports. Disons qu'à côté d'une valeur de documentation de premier ordre ils présentent un très grand intérêt psychologique, les auteurs s'étant efforcés de faire ressortir les idées physiques qui dirigent leurs calculs ou leurs expériences, et les discussions en faisant courtoisement mais fermement ressortir les antinomies.

P. L. C.

La structure de la lumière, par Sir J.J. THOMSON, traduit par R. Pric, avec une préface de A. Cotton. Paris, Blanchard, 1929. 1 vol. in-8° de xii + 52 pages. — Prix : 9 francs.

La grande question de la physique est actuellement de relier les théories en apparence antinomiques des « ondulations » et des « quanta ». Dans les mots même de l'auteur : « Tous les effets optiques conduisent à la théorie ondulatoire, tous les effets électriques à quelque chose près ressemblent à la théorie corpusculaire ». La splendide théorie de Louis de Broglie, complétée par le principe d'indétermination de Heisenberg (¹), permet d'envisager les ondes et les quanta comme deux apparences d'une même réalité mouvante. Conformément à la solide tradition des physiciens britanniques, Sir J.-J. Thomson, dans la conférence et les deux articles reproduits ici, veut une « explication » qui soit une « représentation », et nous présente

1. On lira avec intérêt une remarquable note de E. Bloch reproduite dans le R.G.E. du 17 novembre 1928. Il faut le signe $\times$ dans l'équation (2).

des quanta qui sont des tubes de force dans l'éther, en forme de tores. Il s'agit de leur associer une fréquence : son inverse, la période, sera le temps que met la lumière à parcourir la circonférence moyenne du tore. Le reste s'ensuit. Les considérations de l'auteur, dans la conférence (*Fison Memorial Lecture*) par laquelle s'ouvre le volume, sont très attachantes ; les mathématiques sont répétées dans deux mémoires extraits du *Philosophical Magazine* (1924 et 1925) et n'offrent d'ailleurs rien de particulier. La traduction est remarquablement bonne.

P. L. C.

Les appareils transporteurs mécaniques de bureau, par J. JACOB, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes. Paris, Dunod, 1929. 1 vol. in-8° de 230 pages, avec 213 figures. — Prix : 48 francs.

Dans toutes les grandes administrations, grands magasins, grandes banques, le transfert rapide des documents et objets est assuré à l'aide de moyens mécaniques. Pour de multiples raisons, d'ordre économique, technique et social, ces installations tendent à se généraliser de plus en plus. L'ouvrage que nous présentons aux lecteurs des Annales, qui constitue un exposé d'ensemble de l'état actuel des appareils transporteurs mécaniques de bureau, offre par suite un intérêt d'actualité certain.

La multiplicité et la diversité des appareils décrits dans ce livre nous interdit d'en donner un résumé ; nous nous contenterons de signaler les chapitres les plus importants et ceux qui nous ont semblé les plus intéressants.

Dans le chapitre consacré aux tubes pneumatiques, on trouvera, par exemple, la description des tubes, des cartouches et des groupes moto-ventilateurs, parmi lesquels le type Root et la pompe à vide système Planche. Pour faire des économies de force motrice, trois moyens sont utilisés : la division des machines, l'intermittence, les économiseurs ou commande à distance de la force. Les aiguillages permettent d'imposer à la cartouche un trajet déterminé parmi ceux qui sont constitués par deux tubes bifurqués, ou de franchir sans arrêt une station à laquelle elle n'est pas destinée ; les séparateurs effectuent à l'arrivée un tri automatique des cartouches.

Les courroies convoyeuses font l'objet d'un important exposé, où sont traitées toutes les questions techniques que soulève leur installation. Il en est de même des appareils sélecteurs : pinces sélectrices à câbles d'entraînement, électroposte, appareils de prise par câbles et courroies sélectrices, parmi lesquelles il faut citer les ingénieux dispositifs Krieger.

Enfin, dans un dernier chapitre consacré aux transporteurs postaux, sont reproduits en particulier deux projets de M. Hocquart, l'un pour l'installation de transporteurs mécaniques à l'hôtel des Postes de Paris, l'autre pour le classement mécanique des lettres et paquets à Paris.

Retenons une des conclusions importantes de l'auteur : « ...dans le cas d'un bâtiment neuf, il est indispensable que l'étude du plan de la boullisterie soit menée parallèlement à l'étude du cloisonnement du bâtiment, de l'emplacement relatif des salles et avant toute réalisation de détail concernant l'aménagement de l'appareillage, l'amenée des câbles électriques, la disposition des tables, des tableaux, etc... »

En résumé, cet ouvrage, de rédaction claire et volontairement concise, illustré de nombreux schémas et photographies, est susceptible d'intéresser un grand nombre de lecteurs : les techniciens d'abord, qui y trouveront quantité de renseignements numériques et de détails permettant l'établissement des projets et la réalisation d'installations correctes ; quant aux non-techniciens, ce livre, dont la lecture est rendue attrayante par la description de nombreuses installations existantes, en France et à l'étranger, leur permettra de se mettre facilement au courant d'une question que les circonstances mettent particulièrement à l'ordre du jour.

P. M.

Le gérant :

HENRI DÉVÉ.

DOCUMENTATION.

Les analyses suivantes se rapportent à des articles parus dans les périodiques français et étrangers reçus par le Service d'études et de recherches techniques de l'administration des Postes et Télégraphes : elles sont rédigées par des fonctionnaires de ce service et signées de leurs initiales. Elles sont imprimées avec une pagination spéciale et sur un seul côté des feuillets de façon que l'on puisse, soit les relier à part, soit les découper pour en constituer un répertoire par fiches. Dans ce dernier cas, le classement en sera facilité par les nombres inscrits en tête des analyses, qui correspondent au classement décimal dont nous avons publié la table dans le numéro de janvier.

31 et 41. **Télégraphie et téléphonie** (W. Cruickshank, *Journal I.B.E.*, janvier 1929). — Exposé succinct du développement en Angleterre de la télégraphie et de la téléphonie, durant les deux dernières années. Parmi les événements mentionnés, les plus importants sont : la mise en service du système Peel Conner de télégraphie harmonique ; les expériences de transmission télégraphique des images ; l'établissement entre Vancouver et l'Australie d'un câble télégraphique sous-marin, chargé mi-partie au moyen de permalloy, mi-partie au moyen de mumétal ; l'installation et la mise en service à Londres des premiers centraux automatiques du type directeur ; la généralisation des installations automatiques dans les bureaux de province ; le développement du réseau de câbles téléphoniques à grande distance, notamment l'établissement de nouveaux câbles sous-marins à enveloppe de plomb reliant l'Angleterre au continent. L.-J. C.

38. **Câble sous plomb isolé au papier pour liaisons téléphoniques transocéaniques** (K.-W. Wagner et M. Meyer, *Europäischer Fernsprechdienst*, janvier 1929). — Les auteurs étudient dans cet article comment pourrait être réalisé un câble téléphonique transocéanique. La gutta ne peut être employée, à cause de la valeur élevée de sa constante diélectrique ; pour pouvoir utiliser des conducteurs isolés au papier, il

faut prévoir, sous l'enveloppe de plomb, une armature métallique susceptible de résister aux pressions élevées des grands fonds. D'après les expériences faites, il semble qu'une telle armature pourrait être constituée par un ensemble de fils d'aluminium, de section en forme de coin, constituant en quelque sorte un tube de flexibilité suffisante. Un tel câble contiendrait une quarte et serait puplinisé ; les boîtes, contenant deux bobines, seraient intercalées tous les deux kilomètres. Le trajet entre l'Europe et l'Amérique du nord, en passant par les Açores, comporte deux sections d'environ 2.000 kilomètres. D'après les résultats obtenus, en ce qui concerne la diaphonie, on peut admettre un affaiblissement de section au moins égal à 10 népers. Dans ces conditions, le câble pourrait contenir 4 conducteurs de cuivre de 3^{mm},3 câblés en étoile. L'armature de protection serait constituée par 8 fils d'aluminium et aurait un diamètre extérieur de 25 millimètres ; l'enveloppe de plomb n'aurait qu'une épaisseur de 1^{mm},5. L'armure extérieure serait composée de 33 fils d'acier de 2^{mm},5 de diamètre. Chargé, tous les 2 kilomètres de bobines de 0^m,049, ce câble aurait une fréquence de coupure de 4.800 p.p.s. ; l'affaiblissement d'une section de 2000 kilomètres serait de 10 népers à 2400 p.p.s. et de 7^h,4 à 200 p.p.s. ; cette distorsion pourrait être facilement corrigée dans les stations de répéteurs. La durée des

SOCIÉTÉ FRANÇAISE
ARGENTEUIL (S.-&-O.)

R. C. : VERSAILLES 6467

GARDY



TÊTE DE CABLE
N° 10675

*Vue montrant
 les 2 bornes de connexion
 des conducteurs*

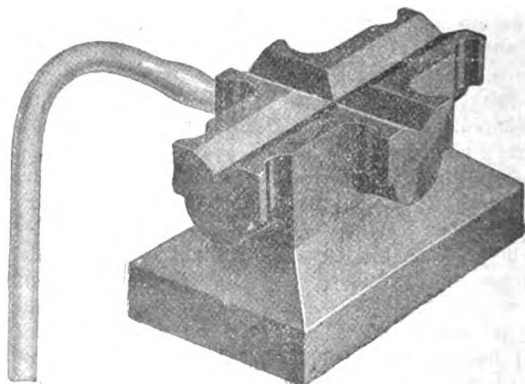
TÊTES DE CABLE

EN MATIÈRE MOULÉE

POUR CABLES A DEUX CONDUCTEURS
PERMETTANT LE RACCORDEMENT
DES LIGNES TÉLÉPHONIQUES
AUX POSTES D'ABONNES

TÊTE DE CABLE
N° 10675

*Vue montrant
 les rainures destinées
 à la fixation sur consoles*



MARQUE



DÉPOSÉE

phénomènes transitoires atteindrait 10 milliseondes à 2400 p.p.s. et pourrait d'ailleurs être réduite par l'installation de compensateurs de phase. En résumé, au point de vue technique, la réalisation d'un tel câble est possible à l'heure actuelle. P.M.

41 et 31. **Télégraphie et téléphonie** (W. Cruickshank, *Journal I.E.E.*, janvier 1929). — Voy. sous le n° 31.

41. **Conférences téléphoniques** (*Europäischer Fernsprechdienst*, janvier 1929). — Description d'un dispositif réalisé par la Deutsche Fernkabel-Gesellschaft, en collaboration avec l'administration des postes allemande, et qui a permis de tenir par téléphone une conférence dont les participants étaient à Berlin, Cologne et Munich, chacun des postes pouvant parler simultanément aux deux autres et les entendre. P.M.

43. **Le câblage à paires câblées en étoile** (K. Fischer, *Europäischer Fernsprechdienst*, janvier 1929). — Ce mode de câblage, connu depuis 1901, a été appliqué récemment au câble Munich-Augsbourg. Le rapport des capacités des circuits fantômes et réels est de 1,1 au lieu de 1,62 dans le câblage D.M., ce qui donne aux circuits fantômes, à fréquence de coupure égale, un affaiblissement inférieur, et à égalité d'affaiblissement, une fréquence de coupure plus élevée. Au point de vue technique, l'auteur montre que ce mode de câblage est équivalent, et même en quelques points supérieur, au câblage D.M., la charge appliquée étant celle préconisée par Lüschen et Küpfmüller dans leur article paru dans la même revue en 1927. — Au point de vue économique, l'auteur donne de nombreux tableaux d'où il semble résulter que ce mode de câblage est particulièrement intéressant.

P. M.

43. **La dissymétrie des lignes et installations téléphoniques** (L. Röhmman, *T.F.T.*, janvier 1929). — L'auteur indique comment peuvent être caractérisées la dissymétrie d'un circuit téléphonique par rapport à la terre et la dissymétrie d'un circuit par rapport à une ligne inductrice voisine. Il calcule les valeurs des tensions perturbatrices qui peuvent se développer en raison de ces dissymétries et étudie les moyens d'en réduire l'importance. L.-J. C.

45. **Tableaux commutateurs manuels modernes à batterie centrale** (A. Capek, *Electrical communication*, janvier 1929). — Malgré le développement de la téléphonie automatique, les commutateurs manuels

trouvent encore un vaste champ d'emploi en raison de leur simplicité, de leur prix réduit et de leur entretien peu onéreux ; il a été nécessaire de les perfectionner, d'une part pour donner aux abonnés un service entièrement satisfaisant, d'autre part, pour réaliser des économies de personnel exploitant.

L'auteur décrit deux types modernes de tableaux manuels à batterie centrale : un tableau de type simplifié, sorte de « standard » à batterie centrale, et un tableau à grand rendement. Ce dernier comporte notamment le multipage des lampes d'appel, l'écoute, l'appel et le comptage automatique ; il permet à une téléphoniste interurbaine d'offrir une communication à un abonné occupé par une communication urbaine et de provoquer la rupture automatique de la communication urbaine. Malgré les complications d'équipement qu'exigent ces facilités d'exploitation, la quantité d'électricité consommée par communication est à peine plus grande que dans le cas du tableau de type simplifié : en revanche, le rendement des téléphonistes est considérablement accru. R. B.

46. **Les centraux automatiques du dernier type de l'administration allemande** (Schwender, *T.F.T.*, janvier 1929). — L'auteur rappelle la marche suivie par l'administration allemande pour uniformiser son matériel de centraux automatiques. Il décrit les différents organes du modèle actuellement réglementaire (présélecteurs, sélecteurs, relais), en indiquant les préoccupations qui ont présidé à leur conception. La disposition des organes sur les bâtis et l'aménagement des bâtis dans les locaux sont ensuite étudiés, et l'article renferme un certain nombre de plans-types de centraux d'importances diverses. D'intéressantes précisions sont données sur les dimensions et le poids des organes, l'encombrement des bâtis, les charges supportées par les planchers. R. B.

48. **Essais en service normal des qualités transmissives des appareils téléphoniques d'abonné** (A. Hudson, *Post Office Electrical Engineers Journal*, janvier 1929). — Description de la méthode utilisée par l'office britannique pour la mesure des efficacités téléphonométriques des appareils d'abonné depuis le bureau central. Les appareils sont comparés téléphonométriquement à un récepteur étalon fonctionnant en microphone et muni à cet effet d'une oreille artificielle qui place le récepteur dans



INSTRUMENTS DE PRÉCISION

Mesures Electriques

Télégraphie

-- Géodésie --

Navigation Maritime

et Aérienne

Optique

etc...

SIÈGE SOCIAL ET BUREAUX :

20, Rue Delambre, PARIS-XIV^e

Téléph. { Danton 65-43
Danton 65-44
Danton 65-45
Danton 65-46

Adresse
Télégraphique :
Ruhmkorff-Paris-43

ATELIERS :

Département Électricité : 14, 16, 18, 20, 22, Rue Delambre

Département Mécanique : 86, Grande-Rue, à Montrouge (Seine)

Téléphone : Vaugirard 02-09

Département Navigation et Optique : 98, Bd du Montparnasse

AGENCES FRANÇAISES :

Alès, Bordeaux, Brest, Caen, Cherbourg, Clermont-Ferrand,

Dijon, Epinal, Grenoble, Lille, Lorient, Lyon, Marseille, Metz,

Montluçon, Nancy, Nantes, Reims, Rouen, Saint-Etienne,

Strasbourg, Toulon, Toulouse, Tours.

des conditions d'amortissement voisines de celles qui se trouvent réalisées en pratique quand le récepteur est placé contre l'oreille. Les tensions alternatives sont mesurées au moyen d'un voltmètre spécial placé au bureau central. Ce voltmètre est gradué en m.c.s. et donne, par différence de deux lectures, la différence des efficacités de l'étalon et du microphone essayé. Un essai analogue est prévu pour le récepteur (utilisé comme transmetteur pendant la mesure).

P. C.

48. **Mesure de l'inductance et de la résistance effective de bobines de charge** (L.-E. Ryall, *The Post Office Electrical Engineers Journal*, janvier 1929). — Dans cette note, l'auteur rappelle les principales méthodes utilisées pour la mesure des inductances et des résistances effectives des bobines de charge des câbles pupinisés. On sait qu'en raison de la petitesse de la résistance effective la détermination exacte de cette dernière quantité présente de nombreuses difficultés. Toutefois, en combinant certains montages usuels (montage de Hay, pont à résonance...), il est possible d'obtenir une élimination suffisamment complète de ces causes d'erreurs. Il est indiqué notamment comment on peut exécuter dans de bonnes conditions les mesures précédentes; on peut réaliser un condensateur à air possédant une capacité relativement grande de 40 millimicrofarads (avec un angle de perte très petit). P. C.

49. **Le condensateur électrolytique à l'aluminium** (H.-O. Siegmund, *Bell System T.J.*, janvier 1929). — Une plaque d'aluminium, plongée dans un électrolyte convenable (notamment une solution de borate d'ammonium) et utilisée comme anode, se recouvre d'une pellicule résistante, d'autant plus mince que la tension appliquée est moindre. La résistance électrique de cette pellicule dépend à la fois de la tension appliquée pour sa formation et de la valeur de la tension positive ou négative appliquée au moment de la mesure: elle est beaucoup plus faible si la tension appliquée est négative que si elle est positive. Cette propriété peut être mise à profit pour la réalisation de redresseurs de courants alternatifs.

Si l'on applique, à la plaque d'aluminium revêtue de sa pellicule et baignant dans un électrolyte, une tension positive variable, demeurant toujours inférieure à la tension de formation de la pellicule, l'ensemble se comporte comme un condensa-

teur dont les armatures seraient le métal et le bain liquide, le diélectrique étant constitué par la pellicule. La capacité de ce condensateur est d'autant plus grande que la tension de formation est plus faible. Les capacités ainsi obtenues peuvent être considérables (par exemple, 0,18 μF /cmq pour une plaque formée sous 30 volts). Les condensateurs ainsi réalisés présentent des pertes assez importantes.

En vue d'éliminer les pulsations de courant des sources d'alimentation des systèmes téléphoniques, il a été construit des condensateurs électrolytiques de dimensions modestes (poids total: 19 kilos environ), possédant des capacités de 600 μF (pour les cas de l'alimentation sous 48 volts) ou de 1000 μF (pour le cas de l'alimentation sous 24 volts). L'auteur décrit ces appareils, et donne des renseignements sur leur construction et leur entretien. Certains de ces appareils ont été maintenus en service durant plusieurs années et ont conservé leurs propriétés.

L.-J. C.

51. **Inauguration du service téléphonique entre l'Allemagne et l'Argentine** (Höpfner, *Europäischer Fernsprechdienst*, janvier 1929). — La transmission se fait sur une longueur d'onde porteuse d'environ 15 mètres. Les stations transmettrices, travaillant avec une puissance de 20 kilowatts, sont à Nauen et Monte-Grande, près de Buenos-Ayres. Les stations réceptrices sont à Gellow, près de Potsdam, et à Villa-Elisa, près de Buenos-Ayres. L'auteur décrit sommairement les antennes, les suppresseurs d'échos situés du côté européen, et donne quelques renseignements sur les difficultés techniques rencontrées et les solutions qui y ont été apportées. P. M.

55 et 62. **Sur les propriétés des gaz ionisés dans les champs de haute fréquence** (H. Gutton, *C.R. acad. sciences*, 7 janvier 1929). — L'auteur a montré précédemment l'existence dans les gaz ionisés, d'oscillations des ions, ayant une période propre, et dont la fréquence augmente avec l'ionisation.

En recherchant comment la force élastique varie avec la conductibilité, il a été amené à appliquer la théorie du diélectrique de Lorentz et à admettre l'existence d'une résonance entre les oscillations des électrons et celles du champ.

Dans la propagation des ondes radio-télégraphiques dans la haute atmosphère, la couche dont l'ionisation correspond à la résonance produit une réflexion, cette couche étant d'autant plus élevée que la

Société Alsacienne de Constructions Mécaniques

Société anonyme au capital de 114.750.000 francs

Usines à : MULHOUSE (Ht-Rhin). GRAFFENSTADEN (Bas Rhin), CLICHY (Seine)
Câblerie à CLICHY (Seine)

Maison à PARIS, 32, rue de Lisbonne (8^e)

Agences à :

BORDEAUX, 15, c^e George-Clémeaceau.

EPINAL } 12, rue de la Préfecture.
 } 19, rue de la Gare (Textile).

LILLE } 61, rue de Tournai

 } 16, rue Faidherbe (Textile),

LYON, 13, rue Grôlée.



MARSEILLE, 148, rue Paradis.

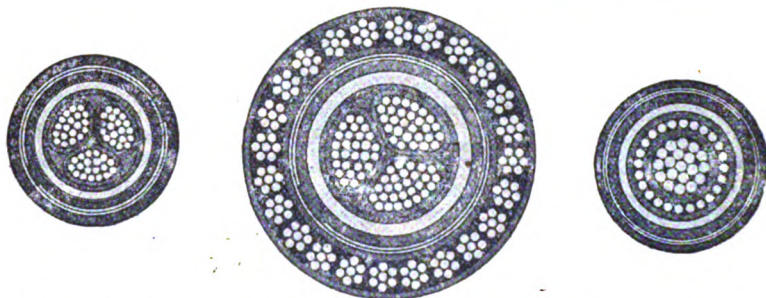
NANCY, 21, rue Saint-Dizier.

NANTES, 1 rue Camille Berruyer.

ROUEN, 7, rue de Fontenelle

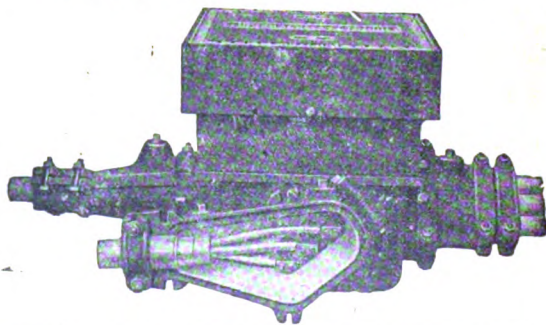
STRASBOURG, 36, rue Saint-Gothard.

TOULOUSE, 21, rue Lafayette.



FILS ET CABLES POUR L'ÉLECTRICITÉ

Fils et câbles nus et isolés. — Câbles sous plomb armés pour haute et basse tension. — Câbles télégraphiques et téléphoniques avec isolement en caoutchouc ou à circulation d'air. — Câbles sous-marins.



MATÉRIEL DE CANALISATIONS

Manchons de jonction, de branchement et de dérivation. — Boîtes à coupe-circuits. — Coffrets de branchement. — Boîtes de distribution, de dérivation et de prise de courant, etc...

AUTRES FABRICATIONS

Chaudières. — Machines à vapeur. — Moteurs à gaz et installations d'épuration des gaz. — Turbo-compresseurs — Turbines hydrauliques. — Machines pour l'industrie textile. — Machines et appareils pour l'industrie chimique. — Machines-outils. — Petit outillage. — Bascules. — Transmissions.

longueur d'onde est plus courte. Le faisceau réfléchi est dépolarisé, et la réflexion peut se faire sous toute incidence, mais avec des intensités qui dépendent de cette incidence et de l'orientation du plan de polarisation. A. L.

55. Sur un écho d'ondes électro-magnétiques courtes arrivant plusieurs secondes après le signal émis, et son explication d'après la théorie des aurores horéales (Carl Störmer, *Industrie électrique*, 25 janvier 1929). — Compte rendu d'expériences effectuées sur ondes entretenues de 31 m. 40, dont les échos arrivèrent à des intervalles variables de 3 à 15 secondes, le plus souvent de 8 secondes. L'auteur attribue ces échos à la rencontre de corpuscules électriques émis par le soleil et passant au voisinage de la Terre, et qui réfléchissent les ondes. A. L.

62. Origine des termes gyroscopiques dans les équations des appareils électromagnétiques (Ph. le Corbeiller, *Annales P. T. T.*, janvier 1929).

62 et 55. Sur les propriétés des gaz ionisés dans les champs de haute fréquence (H. Gutton, *C.R. acad. sciences*, 7 janvier 1929). — Voy. sous le n° 55.

62. Sur le mécanisme de la conductibilité dissymétrique des contacts imparfaits (P. Audibert et Mlle Quinton, *C.R. acad. sciences*, 2 janvier 1929). — Les diverses hypothèses faites pour expliquer la dissymétrie des contacts imparfaits ne sont jamais entièrement satisfaisantes. Les auteurs montrent que l'hypothèse d'émissions électroniques accompagnées de phénomènes d'ionisation conduit à une interprétation à la fois qualitative et quantitative de la dissymétrie de conductibilité des contacts au silicium et des détecteurs à sulfures d'argent ou de plomb. A. L.

64. La protection des réseaux électriques contre les surtensions et les mises à la terre (L. Dugard, *Genie civil*, 26 janvier 1929). — Exposé des principaux types de relais à action sélective utilisés pour la protection des réseaux électriques. L.-V. D.

67. Les conducteurs électriques isolés au caoutchouc et leur fabrication ; la nécessité de leur normalisation (A. Turpain, *R.G.E.*, 19 janvier 1929). — L'auteur fait un exposé succinct de la fabrication des conducteurs isolés au caoutchouc. Il compare les deux méthodes d'application du caoutchouc sur les conducteurs (boudineuse et machine à galets) et ne cache pas sa déception à l'égard du procédé « à la boudi-

neuse », qui ne permettrait pas d'obtenir un centrage satisfaisant. L'auteur émet également cette opinion, que la conservation du caoutchouc exige son recouvrement par des rubans ou des tresses enduites. D'intéressantes indications sont données sur la façon de prélever les échantillons utilisés par les essais d'allongement et sur la façon d'assurer dans ces essais un serrage correct des échantillons. R. B.

68. L'emploi du voltmètre à lampes comme indicateur d'harmoniques (W. Deutschmann, *T.F.T.*, janvier 1929). — Les instruments de mesure à courant alternatif (appareils thermiques, thermo-couples, dynamomètres) donnent des indications qui ne dépendent que de l'intensité efficace du courant, à l'exclusion de la fréquence et de la phase ; ils peuvent donc servir à détecter la présence d'harmoniques et à déterminer leur importance relative. L'auteur montre qu'au contraire les instruments comportant un appareil de mesure à courant continu monté à la sortie d'une lampe détectrice donnent une indication qui dépend non seulement du rapport des amplitudes des harmoniques au fondamental, mais encore de l'ordre de ces harmoniques et de leurs phases. Ces instruments ne peuvent donc servir à déterminer l'importance des harmoniques. P. M.

69. Sur le montage Scott et les montages similaires (H. de Pistoye, *R.G.E.*, 5 janvier 1929). — La transformation des courants diphasés en courants triphasés, et vice versa, par le système Scott est connue depuis très longtemps ; mais la véritable nature des phénomènes qui s'y passent n'est pas mise en relief dans les traités classiques, et, en tout cas, les égalités fondamentales auxquelles doivent satisfaire les inductances de fuites et les résistances pour obtenir un bon équilibrage des tensions en charge n'y sont pas indiquées. En outre, la possibilité d'employer des circuits magnétiques triphasés pour réaliser la transformation de diphasé en triphasé est très généralement ignorée, alors que les montages Leblanc, Woodbridge, etc., comportant de tels circuits magnétiques, peuvent être très avantageusement employés dans de nombreuses circonstances. L'auteur rappelle dans cette étude les principes des divers systèmes connus, et établit les relations auxquelles doivent satisfaire les inductances de fuites et les résistances pour obtenir un bon équilibre des tensions et des courants.

P. L. C.

LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

LÉON EYROLLES, ÉDITEUR

3, rue Thénard — Paris (5^e)VIENT DE PARAÎTRE

COURS D'ESSAIS ET DE MESURES ÉLECTRIQUES

A L'USAGE DES AGENTS CHARGÉS DU SERVICE DES MESURES
ET DU PERSONNEL DES P.T.T.

PAR

GAILLEZ, Ingénieur des P. T. T.

Un volume (16×25), 452 pages, 204 figures. Prix..... 40 francs

Cet ouvrage est la reproduction du Cours professé aux agents de l'Administration des P.T.T. affectés aux essais et mesures dans les bureaux centraux téléphoniques.

Il décrit les éléments constitutifs des réseaux urbain et interurbain, à la surveillance desquels participe le service des essais et mesures.

Il expose les différentes méthodes employées pour reconnaître l'état des lignes, et localiser les défauts qui peuvent les affecter. Il donne une description détaillée des installations d'essais et de mesures en service dans les bureaux centraux des divers types, et indique l'utilisation rationnelle des organes qu'elles comportent. Il résume les principes suivant lesquels l'Administration a organisé l'entretien et la surveillance du réseau français.

En introduction, l'ouvrage rappelle les notions très élémentaires d'électricité auxquelles il est fait appel dans la suite du cours, ainsi que les caractéristiques des principaux types de bureaux téléphoniques.

TABLE DES MATIÈRES. — **Introduction :** CHAPITRE I. *Notions élémentaires.* I. Courant continu. II. Sources de courant continu. III. Magnétisme et électromagnétisme. IV. Courant alternatif. CHAPITRE II. *Téléphonie.* I. Appareil téléphonique. II. Commutation manuelle. III. Commutation automatique. — **1^{re} Partie :** **Appareils et méthodes de mesures :** CHAPITRE I. *Mesures électriques.* I. Mesures des différences de potentiel et des intensités. II. Mesures des résistances. CHAPITRE II. *Mise en œuvre des méthodes de mesures sur les lignes télégraphiques et téléphoniques :* I. Généralités sur les lignes. II. Essais des lignes au moyen de la boîte de mesures administratives. — **2^e Partie. Dérangements des lignes et postes d'abonnés :** CHAPITRE I. *Lignes d'abonnés.* I. Installation chez les abonnés. II. Lignes aériennes. III. Lignes souterraines. IV. Partie des lignes intérieures au bureau central. V. Défauts pouvant affecter les lignes et postes d'abonnés. CHAPITRE II. *Essais des lignes et mises en observation.* I. Généralités sur les installations d'essais. II. Etude détaillée de l'utilisation d'un type de cordons d'essais. III. Etude générale des mélanges. IV. Mise en observation des lignes en dérangement. CHAPITRE III. *Installations d'essais de divers types et organisation du service.* I. Installations dans les multiples à coupure du relais d'appel. II. Installations dans les multiples sans coupures du relais d'appel. III. Équipement des tables d'essais et d'observations. IV. Essais des lignes dans un bureau automatique. V. Organisation du service des dérangements. — **3^e Partie. Dérangements des lignes interurbaines :** CHAPITRE I. *Réseau interurbain.* I. Lignes aériennes. II. Appropriation et combinaison des circuits. III. Organes de raccordement et de coupure. IV. Affaiblissement des communications. V. Défauts pouvant affecter les lignes interurbaines. VI. Installation des centraux interurbains. VII. Relais amplificateurs. CHAPITRE II. *Essais et mesures sur le réseau interurbain.* I. Installations d'essais et de mesures. II. Exécution du service.

BOITES DE RACCORDEMENT MÉTALLIQUES *(Modèles déposés)*

J. AUDIBERT

1, rue Paul-Bert, GRENOBLE

R. C. Grenoble : 931

Téléph. 28-55

**ÉTANCHES
DURABLES
ÉCONOMIQUES**

Approuvées par le Comité Technique
des Postes et Télégraphes

60.000 en Service France et Colonies

Ces boîtes peuvent contenir, suivant les modèles,
des plots de raccordement, des paratonnerres, des
parafoudres, des réglettes tête de câble, à peigne
noyé.

Renseignements, Catalogues, Echantillons
envoyés gratuitement sur demande.

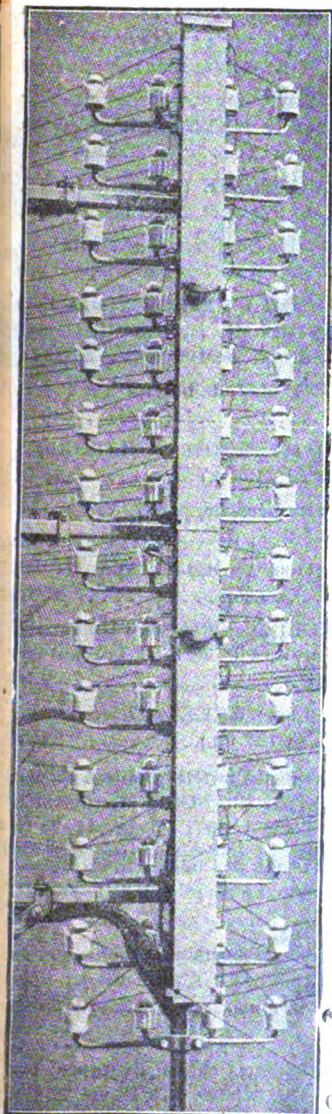
Modifications pour point de raccordement
ou de concentration difficiles.

Etudes pour cas spéciaux.

**CROCHETS POUR SUSPENSION
DE CÂBLE TÉLÉPHONIQUE AÉRIEN**
(Modèle déposé)

RÉPARTITEURS TÉLÉPHONIQUES
Système Poncet (mécanicien aux P.T.T.).

**OUTILLAGE SPÉCIAL ET ÉTUDIÉ
POUR ÉQUIPES**



Boîte de 28 paires en service à Grenoble.

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

- LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE**, 3, rue Thénard, Paris (5°).
- CONSTRUCTION DES LIGNES AÉRIENNES** (1) par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (3^e édit., 1 vol. autogr., de 362 p., et 188 fig.)..... 25 fr.
- CONSTRUCTION DES LIGNES SOUTERRAINES** (1), par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 346 p., 153 fig. et 17 pl.)... 3 fr.
- COURS DE PROTECTION DES LIGNES télégraphiques et téléphoniques contre les lignes d'énergie** (1), par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr., de 493 p., 65 fig. et 2 pl.)..... 35 fr.
- COURS D'INSTALLATIONS TÉLÉPHONIQUES**, par MILON, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. typogr., de 460 p., 294 fig., 15 pl.)..... 45 fr.
- COURS D'EXPLOITATION TÉLÉGRAPHIQUE** (1), par L. RAYNAL, ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr. de 175 p.)..... 18 fr.
- PRINCIPES GÉNÉRAUX D'EXPLOITATION TÉLÉPHONIQUE** (1), par MILON, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 272 p. et 20 fig.)... 1 fr.
- TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SANS FIL** (1), par VEAUX, ingénieur en chef des P.T.T., (1 vol. typogr. de 320 p. et 362 fig.)..... *(En réimpression)*
- COURS SUR L'ORGANISATION ET LE CONTRÔLE DE L'EXPLOITATION DES BUREAUX TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES** (1), par LEVEAU, chef de bureau téléphonique hors classe breveté. (1 vol. autogr., de 190 p.)..... 18 fr.
- COURS D'EXPLOITATION POSTALE** par FERRIERE chef de bureau des P.T.T. (2 vol. typogr. de 241 et 306 p.)..... 40 fr.
- COURS DE COMPTABILITÉ et de droit budgétaire** (1), par FERET DU LONGBOIS directeur au ministère des Finances (1 vol. typogr., 3^e éd., 156 p.)..... 15 fr.
- CONFÉRENCES DE COMPTABILITÉ industrielle et commerciale**, par G. VALENSI ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr. de 276 p.)..... 18 fr.
- COURS DE MACHINES** (1), par M. SAUVAGE, inspecteur général des Mines (1 vol. autogr., 207 p., 70 fig.)..... 15 fr.
- COMPLÉMENTS DE MATHÉMATIQUES**(1), par B. COLLIN, agrégé de l'Université, professeur au lycée Saint-Louis et à l'Ecole supérieure des P. T. T. (1 vol. autogr. de 84 p.)..... 7 fr.
- COURS ÉLÉMENTAIRE DE TÉLÉPHONIE** (2), par Louis GRELAUD, contrôleur principal des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 180 p. et 127 fig.)..... 22 fr.
- COURS D'ÉLECTRICITÉ** (2) (*Application à la téléphonie et à la télégraphie à l'usage des agents mécaniciens et du Personnel des P. T. T.*), par Ch. SUCHET, ingénieur des P.T.T., (3^e édit. 2 vol. typogr. de 299 p. et 236 p.) Tome I, 30 fr.; Tome II, 22 fr.
- COURS DE MULTIPLES TÉLÉPHONIQUES** (2) (*à l'usage des agents mécaniciens, et du Personnel des P. T. T.*), par Paul JOLY, ingénieur en chef des P.T.T. 2^e édit. 1 vol. autogr., 519 p., 147 fig. et un atlas de 70 pl.)..... 60 fr.
- COURS DE TÉLÉPHONIE AUTOMATIQUE**(2) (*à l'usage des agents mécaniciens et du Personnel des P. T. T.*), par Ch. PETIT, ingénieur en chef des P.T.T. (2 vol.).
Livre I (415 pages, 162 fig. et 39 pl. hors-texte) 55 fr.
Livre II *(en impression)*
- MANUEL DE L'OUVRIER** des lignes aériennes télégraphiques et téléphoniques, par L. DROUET, ingénieur en chef des P.T.T. (3^e éd., 1 vol. typogr. 13×18, de 254 p. et 158 fig.)..... 18 fr.

(1) Cours professé à l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes.

(2) Cours professionnels.

MANUFACTURE DE FILS & CABLES ÉLECTRIQUES

Spécialités de Cordons pour Récepteurs, Combinés, Standards, etc...

Cordons pour T.S.F.

Établissements A. MEUNIER, VERGNAUD & C^{ie}

Société à responsabilité limitée — Capital 200.000 francs

Fournisseur des P.T.T.

BUREAUX ET ATELIERS :

3, Rue Rigaud, 3
LE BOURGET (Seine)

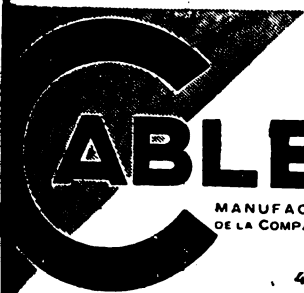
REGISTRE DU COMMERCE :

SEINE n° 221.671

Téléphone : NORD 64-67

Gare : BOURGET-DRANCY

Tramways 52 et 72



LES

CABLES DE LYON

MANUFACTURE DE FILS ET CABLES ÉLECTRIQUES
DE LA COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ S. A. CAPITAL 130 MILLIONS

SIÈGE SOCIAL : 54, RUE LA BOÉTIE, PARIS

DIRECTION ET BUREAUX À LYON :

418-420, AVENUE JEAN-JAURÈS

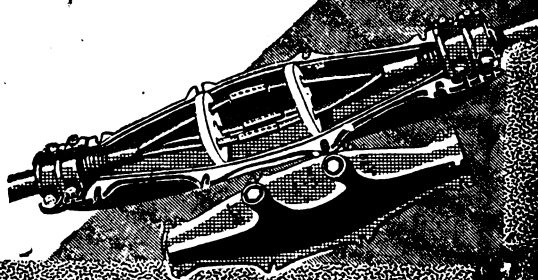
USINES : 41, RUE DU PRÉ GAUDRY, 41

SUCCURSALE À PARIS :

19, RUE DE LA BAUME, 19 — TÉLÉPHONE : ÉLYSÉES 45-98

AINSI QUE DANS LES PRINCIPALES VILLES DE FRANCE

Tous fils et câbles
électriques isolés
Accessoires pour
réseaux souterrains



SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ MORS

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4 MILLIONS

11, Rue Petit, CLICHY (Seine) — Usines à Clichy et à Suresnes

Registre du commerce Seine n° 208.871 B

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

LUMIÈRE — FORCE — TÉLÉPHONIE — SONNERIES

MACHINES ELECTRIQUES SPECIALES**Michel BONNIER****16, Rue Saint-Gilbert, LYON — Tél. Vaudrey 24-09.****Construction sur commande de Machines pour toutes les applications de l'Electricité.****Machines pour T.S.F.**

Alternateurs et Transformateurs à fréquence musicale.
 — Génératrices courant continu jusqu'à 10.000 volts. —
 Groupes monoblocs à plusieurs circuits magnétiques.

Machines pour P.T.T.

Groupes de charges pour Centraux Téléphoniques. —
 Groupes convertisseurs divers. — Moteurs synchrones.
 — Commutatrices.

Machines pour Applications Diverses

Moteurs à vitesses lentes depuis 300 tours et Moteurs à très grandes vitesses jusqu'à 10.000 tours. —
 Transformateurs à tension réglable de zéro à maxima.
 — Génératrices à grande intensité pour électrolyse. —
 Dynamos-freins. — Redresseurs de courant à mesure liquide système André LATOUR. — Régulateurs d'induction. — Groupes d'étalonnage pour compteurs.

Représentants à Paris : Etablissements J. COMMISSAIRE, 9, Rue Sodaine. Tél. Boquette 53-48.**INDEX**

	Pages
DOCUMENTATION	D. 31, D. 32, D. 33, D. 34, D. 35
BIBLIOTHEQUE DES ANNALES DES P.T.T.	10, 12, 14
Société française Gardy	2
Ateliers J. Carpentier	4
Société alsacienne de constructions mécaniques	6
J. Audibert	8
Grammont	11
Compagnie française des câbles télégraphiques	13
Société anonyme Lidgerwood	15
Tréfileries et laminoirs du Havre	16
Le Carbone	17
Compagnie des Lampes	17
Société anonyme Siemens-France	18
La machine à affranchir Havas	18
Lignes télégraphiques et téléphoniques	19
Compagnie française des Etablissements Gaillard	20
Crédit Lyonnais	20
Société industrielle des Téléphones	21
Grand Bazar de l'Hôtel-de-Ville	22
Etablissements Gaiffe-Gallot et Pilon	22
Ecole Berlitz	23
Société d'Etudes pour liaisons téléphoniques et télégraphiques à longue distance	24
Association des ouvriers en instruments de précision	24
Le Matériel Téléphonique	25
L'éclairage des véhicules sur rail	26
Compagnie générale de télégraphie et de téléphonie	26
Société des Téléphones Ericsson	27
Ateliers L. Doignon	28
Société Générale	28
Compagnie des Téléphones Thomson-Houston	29
Librairie de l'Enseignement technique	30
Etablissements A. Meunier, Vergnaud et C ^{ie}	31
Les Câbles de Lyon	31
Société d'électricité Mors	31
Machines électriques spéciales Michel Bonnier	32
Ecole spéciale des Travaux publics	III
Société française des Appareils Creed	IV

ANNÉE — N° 8.

AOUT 1929.

PRIX : 6 francs.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS
D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3 RUE THÉNARD PARIS, V^e

Prix de l'Abonnement annuel : France..... 60 francs; Étranger..... 100 francs.

Digitized by Google

ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

Revue mensuelle publiée par les soins
d'une commission nommée par
LE MINISTRE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

La commission des *Annales* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs et qui peuvent ne pas refléter la doctrine de l'administration; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

RÉDACTION : 20, RUE LAS CASES, PARIS 7^e.

Téléphone : Ségur 46.43 et 45.59.

Pour tout ce qui concerne les abonnements et la publicité, s'adresser à l'éditeur :

LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE,
3, rue Thénard, Paris 5^e.

TABLE DES MATIÈRES.

La matière fulminante : modes de décomposition, formes ascendantes, pression électrostatique, par E. MATHIAS, correspondant de l'Institut, directeur de l'Institut et observatoire de physique du globe du puy de Dôme . . .	681
Utilisation de trains spéciaux pour distribuer directement à pied d'œuvre le matériel de ligne sur voie ferrée, par M. HUGON, inspecteur des Postes et Télégraphes . . .	748
Un système de téléphonie multiplex à courants porteurs sur les circuits téléphoniques à grande distance, par H.-A. AFFEL, C.-S. DEMAREST et C.-W. GREEN . . .	759
BREVETS D'INVENTION.	771
REVUE DES PÉRIODIQUES : Sur la stabilité des régulateurs indirects continus.	779
INFORMATIONS : Téléphonie automatique. — Téléphonie internationale. — Développement du trafic téléphonique transatlantique. — Transport du courrier postal par des nageurs. — Relations téléphoniques entre les divers Etats de l'Europe et avec les Etats-Unis.	784
BIBLIOGRAPHIE	787
DOCUMENTATION	D. 35

LA MATIERE FULMINANTE :

(suite)

**modes de décomposition, formes ascendantes,
pression électrostatique,**

par E. MATHIAS,
correspondant de l'Institut,
directeur de l'Institut et observatoire de physique
du globe du puy de Dôme.

RÉSUMÉ.

Le premier des cinq chapitres de ce travail est formé de compléments aux deux mémoires précédents. Nous nous sommes interdit jusqu'ici de critiquer nos devanciers ; il est temps aujourd'hui de relever certaines erreurs ; les paragraphes correspondants auraient été à leur place dans notre mémoire sur *La foudre*. Par contre, les paragraphes relatifs aux globes fumeux et aux matières abandonnées par certaines foudres globulaires sont nettement la suite du § 21 du mémoire sur *La matière fulminante*.

Le chapitre II reprend l'étude de la matière fulminante à la lumière du théorème sur le déplacement de l'équilibre. On en déduit la décomposition spontanée et l'absence relative de danger des foudres peu ou pas électrisées et une conception nouvelle du rôle du paratonnerre de Franklin et de l'eau vis-à-vis de l'éclair fulgurant linéaire. On s'explique ensuite le peu d'efficacité du paratonnerre cylindrique vis-à-vis de l'éclair sphérique et l'on discute la défense d'un édifice contre la foudre globulaire descendante. Le double mode de décomposition de la matière fulminante, l'augmentation correspondante de son volume, l'explication des dimensions démesurées de certains globes aperçus dans les nuées sont analysés avec soin. L'étude de l'explosion de la matière fulminante par choc

et de certaines particularités qu'elle présente terminent ce chapitre important.

Le chapitre III, d'importance moindre, est consacré au seul phénomène de l'éclair ascendant sphérique, dont l'historique est si curieux ; on distingue avec soin les foudres ascendantes sorties de terre ou sorties de la mer.

Le chapitre IV montre qu'en général la pression électrostatique des éclairs sphériques est une fraction très petite de l'atmosphère ; on établit simplement deux théorèmes physiques :

1° Les foudres sphériques qui prennent naissance dans l'air, à une altitude de 1 à 2 hectomètres, commencent par tomber ;

2° Les foudres sphériques ascendantes commencent par s'élever dans l'air.

On élucide ensuite les cas des foudres globulaires qui, après être descendues du ciel, remontent. Le cas des foudres qui roulent sur le sol donne lieu à une discussion, selon qu'elles sont descendantes ou ascendantes.

Le mémoire se termine par un 5^e chapitre, fort court, étudiant l'aptitude de la matière fulminante à passer par des orifices très étroits.

I. COMPLÉMENTS AUX PRÉCÉDENTS MÉMOIRES.

Nous nous sommes astreint, dans nos deux premiers mémoires sur la foudre, à développer les conséquences de notre théorie et à montrer que, malgré le très petit nombre d'hypothèses qu'elle renferme, elle suffit pour rendre compte de tous les phénomènes observés, jusque dans les détails, phénomènes qui obéissent toujours aux lois physiques et chimiques connues.

En particulier, au risque de passer pour ignorant ou insuffisamment informé, nous nous sommes interdit jusqu'ici de critiquer nos devanciers, nous contentant simplement de signaler par instant notre accord avec eux, un simple point d'interrogation, de loin en loin, ou une expression mise en italiques montrant notre étonnement ou notre approbation devant certaines affirmations.

Il est temps, aujourd'hui, de signaler les erreurs formelles

commises par nos prédécesseurs, le silence gardé à leur égard ne devant pas passer pour un acquiescement. Dans les critiques que nous formulerons, nous n'oublierons jamais deux choses : 1^o le respect que l'on doit à ceux qui, dans la recherche de la vérité scientifique, se sont trompés de bonne foi ; 2^o le devoir impérieux qu'ont les successeurs de faire mieux que ceux qui les ont précédés.

1. Analyse et critique du mémoire de W. Thornton (·).

— La singularité de l'éclair en boule tient à l'isolement complet d'une sphère gazeuse *n'ayant aucune enveloppe* et cependant à l'intérieur de laquelle de l'énergie est emmagasinée par une action électrique antérieure. Celle-ci est, à la fin, libérée par explosion. L'auteur considère comme établi que :

1^o L'éclair en boule se présente comme une boule lumineuse BLEUE se produisant après les décharges d'éclair de grande intensité et, soit tombant lentement des nuages, soit se mouvant horizontalement à quelques pieds au-dessus de la surface de la terre ;

2^o *On le voit plus souvent à la mer que sur terre (?)* ;

3^o Sa cohésion élastique est montrée par sa forme sphérique, son rebondissement de la surface de la terre après une chute verticale ;

4^o Sa disparition est toujours suivie d'une forte odeur d'ozone ;

5^o VU SON ORIGINE, IL EST CLAIR QU'IL NE PEUT Y AVOIR RIEN DANS L'ÉCLAIR EN BOULE QUE LES GAZ DE L'ATMOSPHÈRE ;

6^o L'éclair en boule consiste principalement en ozone en active recombinaison ; *c'est l'ozone qui lui donne sa couleur bleue.*

Les idées de l'auteur sont un curieux mélange d'erreurs et de vérités. Pour lui, l'éclair en boule, plus lourd que l'air, est bleu parce qu'il est formé d'ozone bleu, plus lourd que l'air, résultant de l'électrisation de l'oxygène de l'air par un coup de foudre, et dont la formation endothermique explique l'explosion finale de l'éclair par la libération de l'excès d'énergie qu'il contient. Remarquons enfin que cette libération d'énergie a lieu nécessairement par explosion d'après Thornton, alors que l'observation montre souvent une terminaison calme et sans bruit.

1. W. M. THORNTON, *L'éclair en boule* (*Phil. Mag.*, t. 21 [6], p. 631, 1911).

N'insistons pas et montrons l'impossibilité des affirmations précédentes en nous appuyant simplement sur la statistique du prof. Galli, d'après laquelle la couleur bleue uniforme est vue 12 fois sur 81 cas (fréquence : 15 % environ) (1). Or, d'après ce qui précède, la fréquence devrait être de 100 % au lieu de 15 %. L'erreur de W. Thornton est évidente.

Son mémoire contient, toutefois, des remarques très justes ; en particulier, l'affirmation que, vu son origine, il ne peut y avoir dans l'éclair en boule rien que les gaz de l'air, ne se trouve dans aucun auteur antérieur, sauf erreur de notre part. Nous accordons à cette remarque une importance considérable.

A peine avons nous besoin de dire que W. Thornton, pas plus que ses successeurs, n'a pas su expliquer la forme sphérique de l'éclair.

L'auteur explique enfin la marche parallèle au sol en disant que l'ozone, *corps électrisé négativement*, est repoussé par la terre, électrisée négativement, elle aussi. Or, G. Simpson prouve (2) que l'éclair tombé des nuages, comme l'éclair ascendant, *est toujours électrisé positivement*, ce qui contredit formellement l'explication de Thornton. La marche parallèle au sol s'explique de la façon la plus simple par le principe d'Archimède, l'éclair sphérique étant alors un corps flottant dans l'air.

2. Analyse et critique de la théorie de G. Planté sur les couleurs des foudres globulaires. — Gaston Planté dit textuellement ceci (3) :

§ 14. *Couleur des globes fulminants.* — La couleur des globes fulminants, qui est très variée, comme celle des éclairs ordinaires, dépend selon nous des conditions hygrométriques de l'atmosphère, et aussi de la quantité d'électricité en jeu.

Si la vapeur d'eau est très abondante, l'hydrogène provenant de sa dissociation domine, et le globe tend à avoir une couleur rouge, puisque c'est la couleur plus particulièrement propre à l'hydrogène raréfié traversé par un courant (4)

1. E. MATHIAS, *La matière fulminante* (Ann. des P.T.T.) : § 12, p. 559.

2. G. SIMPSON, *On lightning* (Proc. Roy. Soc., A, t. 111, 1926).

3. G. PLANTÉ, *Phénomènes électriques de l'atmosphère*, p. 34-35.

4. On a observé, en effet, très fréquemment des globes de feu d'un rouge vif, de couleur pourpre, etc. Sestier en cite de nombreux exemples. (Note de G. Planté).

Si, d'autre part, le flux électrique est relativement moins abondant, la raréfaction et la dissociation sont moins complètes sur son parcours, et la couleur tend vers le bleu violacé propre à l'air raréfié.

Les nuances intermédiaires s'expliqueraient par les proportions variables entre les gaz raréfiés de l'air et de la vapeur d'eau.

A peine avons-nous besoin de faire remarquer le vague de l'explication qui précède. Si nous comprenons bien, toutes les couleurs des foudres globulaires seraient comprises entre le rouge et le bleu violacé. Mais alors, comment s'expliquent les foudres globulaires jaunes, orangées, vertes, noires et blanches sans lumière propre ? Comment expliquer les foudres affectées de deux, de trois, de plusieurs couleurs, celles-ci séparées souvent par des lignes très nettes ? Poser ces questions, c'est montrer l'insuffisance criante des explications de G. Planté. Nous n'insisterons pas.

3. Analyse et critique de l'explication du phénomène de la foudre par M. Lartigue (1). — Le point de départ est ingénieux. L'auteur admet que l'étincelle électrique, qui est en petit la répétition du phénomène de la foudre, se comporte toujours comme le ferait une explosion locale d'*éther sidéral* se propageant de proche en proche. Il faut chercher l'équation différentielle de ce mouvement de propagation, dans le cas d'un *explosif brisant* qui, comme la nitroglycérine, le fulminate de mercure, détone toujours violemment. Alors, la densité de l'explosif est toujours supérieure à l'inverse de son covolume. Or Sarrau lui-même (2) n'était pas arrivé à faire la théorie de ces explosifs. Plus heureux, M. Lartigue y parvient en supposant que, quand la densité réelle d'un explosif dépasse l'inverse de son covolume, la réaction développe, pendant un certain temps, plus d'énergie qu'il ne peut s'en dépenser par détente adiabatique, le surplus devant se dépenser autrement, notamment en ondes transversales qui ne se manifestent que quand un gradient déterminé de pression dépasse le gradient adiabatique. Considérant une couche sphérique mince de rayon r au temps t , M. Lartigue

1. ALFRED LARTIGUE, *La foudre, explosion de l'éther* (Bull. de la Société d'encouragement, janvier 1929).

2. E. SARRAU, *Théorie des explosifs*, § 111 (cité p. Lartigue).

obtient, pour le mouvement de la couche explosive, une équation différentielle du second ordre, pourvue d'un terme en $\frac{1}{r}$, sans second membre, identique algébriquement à l'équation de la vitesse du son dans l'espace autour d'une sphère pulsante, la vitesse de propagation dans le milieu ambiant étant extrêmement grande au voisinage du centre d'ébranlement, et diminuant graduellement à mesure que r augmente, en tendant vers une valeur constante dès qu'on est à une distance suffisante du centre. Il y a un triple mécanisme d'ondes explosives :

1° une *onde solitaire de surpression*, qui rend compte des phénomènes de *transport* de lourdes masses produits par l'explosion ;

2° une *onde longitudinale* productrice du bruit de l'explosion ;

3° une *onde transversale* qui rend compte de la lumière produite par l'explosion, et qui ne doit pas nous étonner *puisqu'on a admis son existence dans la théorie de l'explosif brisant proposée par M. Lartigue*. On retrouve dans la théorie ce qu'on y a mis ; mais cela ne peut pas passer pour une explication, au sens physique du mot.

L'explication du phénomène de la foudre est considérée par l'auteur comme donnée, parce que la foudre est bien accompagnée de phénomènes de *transport*, de bruit (tonnerre) et de lumière (éclair).

Cette explosion dans l'éther sidéral (hypothèse) est considérée identique (autre hypothèse) avec celle d'un fluide convenable *qu'on n'explicite pas* ; et c'est de la forme de l'équation obtenue ainsi qu'on prétend déduire l'explication des propriétés de la foudre, sur la nature de laquelle on ne connaît presque rien. La *matière fulminante* n'existe pas pour M. Lartigue, qui ne parle jamais que de l'éther sidéral ; il n'est question, en effet, ni de sa densité, ni de sa couleur, ni de son odeur, ni de ses transformations sous l'influence du rebondissement. Comme l'auteur a identifié l'explosion de la foudre à celle d'un explosif brisant, il s'ensuit que *la foudre détone toujours, mais ne fuse jamais*, ce qui est formellement contraire à l'observation.

Dans la théorie de M. Lartigue, c'est l'éther sidéral qui fait tout, et qui, en particulier, déplace la matière. *Mens agitat molem !*

c'est la manière de voir suivie tout le long du mémoire ; elle est la cause et le prétexte de digressions bien curieuses et d'une remarquable érudition sur les photo-figures de Lichtenberg, sur la teigne tonsurante du chien, sur la teigne tonsurante de l'homme, sur la matière *affluente* et *effluente* de l'abbé Nollet, sur le tourbillon vital de G. Cuvier et de F. Le Dantec, sur les « esprits animaux » de Descartes et sur la *vie* de la matière inanimée !

Le regretté Daniel Berthelot ⁽¹⁾, commentant la préface du livre de M. Lartigue, *Lettres à l'Académie des Sciences sur l'unification des forces de la nature*, disait de lui : « Si M. Lartigue aborde maintes questions en géomètre, ...il en est d'autres qu'il traite en artiste, je dirai même en poète... ». Nous ferons nôtre la manière de voir de ce juge bienveillant.

4. Réfutation de la théorie de Besnou ⁽²⁾. — A la suite des recherches de Chatin sur la présence de l'iode dans l'air, Thénard admit l'existence dans l'atmosphère de corpuscules organiques qui en renferment soit à l'état d'iodure de sodium, soit combiné avec les éléments de la matière inanimée.

L'iodure de sodium n'étant pas stable en présence de l'humidité de l'air, Besnou conclut à la nécessité de la présence de l'iode libre dans l'atmosphère, et par suite à la possibilité de la formation de l'*iodure d'azote*, soit par action de l'iode sur l'ammoniaque des orages, soit par combinaison de l'iode et de l'azote dans le phénomène de l'éclair. Cela expliquerait, dit-il, la riche coloration violette de l'éclair *au moment de sa formation* et de sa traînée en zigzag.

Besnou aurait pu être un prédécesseur de Schopenhauer en admettant la formation endothermique de l'iodure d'azote dans le phénomène de l'éclair linéaire, et la destruction consécutive de l'explosif par refroidissement, *le nuage violet de vapeur d'iode* se

1. DANIEL BERTHELOT, *La science et la vie moderne*, p. 139. Payot, Paris, 1924.

2. BESNOU, *De l'état de l'iode dans l'atmosphère et de la possibilité de la formation de l'iodure d'azote dans les orages* (*Mémoires de la Soc. nat. de Cherbourg*, t. I, p. 103, 1852).

produisant au moment de la décomposition de l'explosif en ses éléments et non au moment du passage de la décharge électrique.

Même corrigée, cette théorie est insoutenable, à cause de l'extrême faiblesse de la proportion d'iode libre dans l'atmosphère.

Pour ce qui est de la teinte mauve signalée dans les éclairs sphériques du puy de Dôme ⁽¹⁾ et dans quelques autres, nous croyons en avoir rendu compte d'une façon assez satisfaisante pour qu'elle ne constitue pas un argument imprévu en faveur de la théorie précédente ⁽²⁾.

5. Globes fumeux. — Ce paragraphe et le suivant sont la suite naturelle du § 21 du précédent mémoire sur la matière fulminante.

Quand cette dernière a absorbé et calciné des hydrates de carbone, végétaux ou animaux, très riches en carbone, selon que la pression électrostatique est très grande, modérée ou presque nulle, son vêtement *noir* ou *gris* est collant, ou flottant ; et, dans le dernier cas qui va nous occuper maintenant, il se détache spontanément d'elle au fur et à mesure. La foudre globulaire va donc émettre autour d'elle une fumée noire ou grise, plus ou moins absorbante suivant les cas. On s'explique ainsi les *globes fumeux* dont nous allons rapporter deux cas caractéristiques.

Le 20 juin 1772, dans la paroisse de Steeple-Aston (Wiltshire), ...les révérends MM. Wainhouse et Pitcairn, qui se trouvaient dans une pièce du presbytère, virent tout à coup apparaître, à la hauteur de leur figure et à environ un pied de distance, un *globe de feu* de la grosseur du poing. Ce globe était entouré d'une fumée noire. En éclatant, il fit un bruit comparable à celui d'un grand nombre de pièces de canon qui partiraient à la fois. Une vapeur fortement sulfureuse se répandit aussitôt après dans toute la maison ; M. Pitcairn était dangereusement blessé. Son corps, ses habits, ses souliers, sa montre, présentaient tous les signes qu'amène un coup de foudre ordinaire... (Je dois dire, quoique cette circonstance ait peu de

1. E. MATHIAS, *Sur trois observations d'éclairs en boule, etc...* (*Ann. de phys.*, t. V, p. 365, 1916).

2. E. MATHIAS, *La matière fulminante, loc. cit.*, § 15, p. 563.

liaison avec l'objet de ce chapitre, que M. Pitcairn prétend avoir vu le globe de feu dans l'appartement une ou deux secondes après qu'il s'était senti foudroyé.) ⁽¹⁾

L'observation du révérend Pitcairn, qui étonnait tant Arago, prouve qu'il a été blessé par une décharge partielle, provoquée, comme nous l'avons vu antérieurement, par une hétérogénéité thermique ⁽²⁾.

Dans l'après-midi du 7 mai 1889, le receveur d'une papeterie, atterré par les éclairs, retournait vivement de Noisy-le-Sec à Paris, quand il entendit en haut un grand tonnerre et, en même temps, vit tourbillonner dans la rue, à 2 ou 3 mètres vers la gauche, une boule de feu ovale et très lumineuse, longue d'environ 50 centimètres, de laquelle sortaient trois panaches de fumée grise, ainsi que l'homme le rapporta au professeur Charcot et à ses étudiants :

De la boule de feu il s'est dégagé trois bouffées, trois petits nuages de fumée grisâtre, d'une odeur âcre, suffocante, prenant à la gorge, qui se dirigeaient vers moi. Cela ressemblait aux flocons de fumée qui sortent de la cheminée d'une locomotive lorsqu'elle se met en marche. L'odeur était celle du soufre, ou mieux de la poudre brûlée ⁽³⁾.

La définition donnée plus haut des *globes fumeux* suppose qu'ils sont ainsi *avant* leur explosion. Par contre, il y a beaucoup de globes qui dégagent des volumes énormes de fumée parce que leur matière fulminante est *impure* et qui, avant leur explosion, n'étaient pas fumeux. L'expression de « globe fumeux » est donc susceptible d'amphibologie. Il y a là une petite difficulté, sur laquelle nous attirons l'attention.

6. Matières abandonnées par certaines foudres globulaires.

— Beaucoup plus intéressant que le précédent est le cas des globes dont la matière fulminante laisse échapper, sous l'influence de la pesanteur, une autre substance, distincte d'elle-même,

1. F. ARAGO, *Œuvres complètes*, 2^e édition, Notices scientifiques, t. I, p. 44-45, Paris, Legrand, Pomey et Crouzel, libraires-éditeurs.

2. E. MATHIAS, *La matière fulminante*, § 8, *Ann. des P.T.T.*, 1928, p. 552-553.

3. *Leçons du mardi à la Salpêtrière*, Professeur CHARCOT, 19^e leçon : accidents nerveux provoqués par la foudre, Paris, 1889 p. 435-462.

et variable suivant les différents cas. Ceci se produit lorsque les substances absorbées par la matière fulminante ne subissent qu'une calcination incomplète qui ne les réduit pas à l'état final de vapeur d'eau et de noir de fumée. Voici plusieurs cas fort nets :

a) Arago dit textuellement ceci ⁽¹⁾ :

Sans vouloir assurément réveiller des idées surannées..., je dirai qu'il n'est point prouvé qu'on doive absolument rejeter comme mensongères toutes les relations où il est parlé de coups de foudre accompagnés de chutes de matières. Sur quoi se fonderait-on pour s'inscrire en faux contre ce fait, que je tire des œuvres de Boyle :

En juillet 1681, la foudre produisit beaucoup de dégâts, près du cap Cod, sur le bâtiment anglais l'*Albemarl*. Le coup de foudre fut suivi de la chute, dans la chaloupe même suspendue à la poupe du navire, d'une *matière bitumineuse* qui brûlait en répandant une odeur semblable à celle de la poudre à canon. Cette matière se consuma sur place ; on avait essayé vainement de l'éteindre avec de l'eau, on de la projeter dehors en se servant de tiges de bois.

b) Observation de M. H. Webber, faite au Canada, province d'Ontario, près de la cascade du Niagara, le soir du 29 avril 1906 :

Pendant que l'orage tempêtait, j'étais présent à la fenêtre, quand subitement frétila un éclair très vif, et environ une minute après je vis un globe couché par terre et brûler comme le fait la mèche d'une grosse fusée de feu d'artifice. Il brûla ainsi pendant environ une demi-minute. Après il explosa en formant une colonne lumineuse large de 6 pouces (15 cm) et haute de 3 pieds (presque un mètre), avec un grand flocon de fumée descendant du sommet. La couleur était d'un jaune rougeâtre. J'allai là et j'y trouvai une *matière fondue, qui pour la couleur ressemblait au goudron*. Après environ dix minutes, j'ai posé la main sur le point occupé auparavant par le globe ; mais la terre était encore si chaude que la main en fut brûlée. Elle puait comme le soufre (*brûlé*), et quand je la touchai, mes doigts se teignirent en jaune. Je ne sentis aucune secousse. Plusieurs lampes électriques des environs s'éteignirent.. Ce globe m'apparut à 45 pieds (environ 14 mètres) de ma maison. ⁽²⁾

c) Le 28 juillet 1885, vers 1^h30 de l'après-midi, un homme de Luchon se trouvait à la sortie de Luchon, sur la route de Bigorre, à 150 mètres après le pont de Mousquères, au lieu dit Croix de Paysas et, au moment de l'orage qui grondait fortement, vit tomber la foudre à 20 mètres de lui environ. Remis de la commotion éprouvée, il vint, par curiosité, regarder l'effet produit par la foudre et constata, sur le mur longeant la route de Croix de Paysas au pont de Mousquères, sur les schistes et sur les calcaires, des enduits de couleur brune. Certains arbres (érables) avaient un enduit sur l'écorce. Prévenu par cet homme, j'allai le lendemain matin sur les lieux et récoltai des spécimens d'écorce, de

1. F. ARAGO *loc. cit.*, p. 220.

2. *The Journal*, de la Société astronomique royale du Canada, t.I, p. 44, 1907 (Cité par GALLI, *Gli effetti meccanici*, *loc. cit.*, § 2).

schiste et de calcaire portant le même enduit brônâtre.... Avant la chute du 28 juillet, je n'avais jamais rien vu sur le mur et les arbres de la route, et ces « fulgurites » me semblent devoir dater de ce moment précis. (Récit dû à M. Maurice Gourdon).

L'étude des échantillons a été confiée par lui à M. Stanislas Meunier, dont les conclusions peuvent se résumer ainsi :

Les échantillons sont en forme de gouttes et d'enduits translucides, brônâtres, à éclat vitreux et de texture bulbeuse... Ils restent identiques à eux-mêmes sur des schistes et sur des calcaires : bien plus, sur des écorces d'arbres. Ces substances n'ont pas subi d'élévation sensible de température; les gouttelettes et les enduits, loin d'être en un verre dur, se laissent rayer à l'ongle et se pulvérisent sous une pression très faible. Par la simple friction, ils se ramollissent; une bougie les enflamme et dégage une odeur résineuse et beaucoup de fumée. La matière, chauffée dans un tube fermé sur la lampe à alcool, distille et laisse un résidu charbonneux considérable; il se condense en une eau acide, de fines gouttelettes incolores dont une partie cristallise par refroidissement et de la résine blonde très analogue d'aspect à la matière primitive. Cette dernière est soluble dans l'alcool, surtout à chaud, et précipite alors par l'eau.

Sur les écorces d'arbre, la matière fondue se présente en gouttes pouvant atteindre 9^{mm} de diamètre et ne dépassant pas quelquefois des dimensions presque microscopiques. Un des échantillons montre l'écorce comme saupoudrée de résine avec des filaments longs et abondants... On est frappé d'ailleurs tout d'abord de l'aspect intact de l'écorce, qui ne paraît pas avoir été échauffée d'une manière sensible. La résine s'est déposée entre des brins de mousse sans leur faire perdre l'apparence qu'ils présentent sur des points non recouverts par l'enduit... Ayant mis à dissoudre dans l'alcool une lamelle de résine prise sur un schiste et présentant une parfaite homogénéité apparente, j'y ai vu se révéler des baguettes et des aiguilles qui se sont dissoutes à leur tour.

Le résidu, remarquablement abondant, de cette dissolution, offre à l'examen microscopique une identité parfaite avec les poussières atmosphériques, si bien connues maintenant. On y voit des fragments organiques variés. Ce sont évidemment des granules agglutinés par la résine au moment où elle était fluide, et qui n'ont pas nécessairement la même origine qu'elle » (1).

Cette conclusion de Stanislas Meunier est la justification de ce que nous avons avancé, dans le mémoire précédent (2), sur l'absorption par la matière fulminante des substances fixes et de la matière organique, végétale et animale, en suspension dans l'air.

d) Dans le cas suivant, dont parle Fromond, et dont, par convenance, nous conserverons le texte latin, il est question d'une foudre globulaire mêlée à des résidus de matière organique :

Robertus Fluth, Anglus scriptor, affirmat, se quondam ignem fatuum detectum et assecutum; et materiam invenisse non igneam, sed viscosam

1. STANISLAS MEUNIER, C. R., t. CIII, p. 837-839, 1886.

2 E. MATHIAS, *La matière fulminante*, loc. cit., § 16, p. 567.

et variable suivant les différents cas. Ceci se produit lorsque les substances absorbées par la matière fulminante ne subissent qu'une calcination incomplète qui ne les réduit pas à l'état final de vapeur d'eau et de noir de fumée. Voici plusieurs cas fort nets :

a) Arago dit textuellement ceci ⁽¹⁾ :

Sans vouloir assurément réveiller des idées surannées..., je dirai qu'il n'est point prouvé qu'on doive absolument rejeter comme mensongères toutes les relations où il est parlé de coups de foudre accompagnés de chutes de matières. Sur quoi se fonderait-on pour s'inscrire en faux contre ce fait, que je tire des œuvres de Boyle :

En juillet 1681, la foudre produisit beaucoup de dégâts, près du cap Cod, sur le bâtiment anglais l'*Albemarle*. Le coup de foudre fut suivi de la chute, dans la chaloupe même suspendue à la poupe du navire, d'une *matière bitumineuse* qui brûlait en répandant une odeur semblable à celle de la poudre à canon. Cette matière se consuma sur place ; on avait essayé vainement de l'éteindre avec de l'eau, on de la projeter dehors en se servant de tiges de bois.

b) Observation de M. H. Webber, faite au Canada, province d'Ontario, près de la cascade du Niagara, le soir du 29 avril 1906 :

Pendant que l'orage tempêtait, j'étais présent à la fenêtre, quand subitement frétila un éclair très vif, et environ une minute après je vis un globe couché par terre et brûler comme le fait la mèche d'une grosse fusée de feu d'artifice. Il brûla ainsi pendant environ une demi-minute. Après il explosa en formant une colonne lumineuse large de 6 pouces (15 cm) et haute de 3 pieds (presque un mètre), avec un grand flocon de fumée descendant du sommet. La couleur était d'un jaune rougeâtre. J'allai là et j'y trouvai une *matière fondue, qui pour la couleur ressemblait au goudron*. Après environ dix minutes, j'ai posé la main sur le point occupé auparavant par le globe ; mais la terre était encore si chaude que la main en fut brûlée. Elle puait comme le soufre (*brûlé*), et quand je la touchai, mes doigts se teignirent en jaune. Je ne sentis aucune secousse. Plusieurs lampes électriques des environs s'éteignirent.. Ce globe m'apparut à 45 pieds (environ 14 mètres) de ma maison. ⁽²⁾

c) Le 28 juillet 1885, vers 1^h30 de l'après-midi, un homme de Luchon se trouvait à la sortie de Luchon, sur la route de Bigorre, à 150 mètres après le pont de Mousquères, au lieu dit Croix de Paysas et, au moment de l'orage qui grondait fortement, vit tomber la foudre à 20 mètres de lui environ. Remis de la commotion éprouvée, il vint, par curiosité, regarder l'effet produit par la foudre et constata, sur le mur longeant la route de Croix de Paysas au pont de Mousquères, sur les schistes et sur les calcaires, des enduits de couleur brune. Certains arbres (érables) avaient un enduit sur l'écorce. Prévenu par cet homme, j'allai le lendemain matin sur les lieux et récoltai des spécimens d'écorce, de

1. F. ARAGO *loc. cit.*, p. 220.

2. *The Journal*, de la Société astronomique royale du Canada, t.I, p. 44, 1907 (Cité par GALLI, *Gli effetti meccanici, loc. cit.*, § 2).

schiste et de calcaire portant le même enduit brônâtre... Avant la chute du 28 juillet, je n'avais jamais rien vu sur le mur et les arbres de la route, et ces « fulgurites » me semblent devoir dater de ce moment précis. (Récit dû à M. Maurice Gourdon).

L'étude des échantillons a été confiée par lui à M. Stanislas Meunier, dont les conclusions peuvent se résumer ainsi :

Les échantillons sont en forme de gouttes et d'enduits translucides, brônâtres, à éclat vitreux et de texture bulbeuse... Ils restent identiques à eux-mêmes sur des schistes et sur des calcaires : bien plus, sur des écorces d'arbres. Ces substances n'ont pas subi d'élévation sensible de température; les gouttelettes et les enduits, loin d'être en un verre dur, se laissent rayer à l'ongle et se pulvérisent sous une pression très faible. Par la simple friction, ils se ramollissent; une bougie les enflamme et dégage une odeur résineuse et beaucoup de fumée. La matière, chauffée dans un tube fermé sur la lampe à alcool, distille et laisse un résidu charbonneux considérable; il se condense en une eau acide, de fines gouttelettes incolores dont une partie cristallise par refroidissement et de la résine blonde très analogue d'aspect à la matière primitive. Cette dernière est soluble dans l'alcool, surtout à chaud, et précipite alors par l'eau.

Sur les écorces d'arbre, la matière fondue se présente en gouttes pouvant atteindre 9^{mm} de diamètre et ne dépassant pas quelquefois des dimensions presque microscopiques. Un des échantillons montre l'écorce comme saupoudrée de résine avec des filaments longs et abondants... On est frappé d'ailleurs tout d'abord de l'aspect intact de l'écorce, qui ne paraît pas avoir été échauffée d'une manière sensible. La résine s'est déposée entre des brins de mousse sans leur faire perdre l'apparence qu'ils présentent sur des points non recouverts par l'enduit... Ayant mis à dissoudre dans l'alcool une lamelle de résine prise sur un schiste et présentant une parfaite homogénéité apparente, j'y ai vu se révéler des baguettes et des aiguilles qui se sont dissoutes à leur tour.

Le résidu, remarquablement abondant, de cette dissolution, offre à l'examen microscopique une identité parfaite avec les poussières atmosphériques, si bien connues maintenant. On y voit des fragments organiques variés. Ce sont évidemment des granules agglutinés par la résine au moment où elle était fluide, et qui n'ont pas nécessairement la même origine qu'elle » (1).

Cette conclusion de Stanislas Meunier est la justification de ce que nous avons avancé, dans le mémoire précédent (2), sur l'absorption par la matière fulminante des substances fixes et de la matière organique, végétale et animale, en suspension dans l'air.

d) Dans le cas suivant, dont parle Fromond, et dont, par convenance, nous conserverons le texte latin, il est question d'une foudre globulaire mêlée à des résidus de matière organique :

Robertus Fluth, Anglus scriptor, affirmat, se quondam ignem fatuum detectu secutum et assecutum; et materiam invenisse non igneam, sed viscosam

1. STANISLAS MEUNIER, C. R., t. CIII, p. 837-839, 1886.

2 E. MATHIAS, *La matière fulminante*, loc. cit., § 16, p. 567.

et lubricam, compactam in modum spermatis ranarum, distinguentibus, nigris et exiguis maculis subalbidam, quae vice speculi redderet stellarum lumen... (1).

Le feu follet dont il est question dans le récit de Fromond n'est autre, visiblement, qu'une foudre globulaire qui courait en rasant le sol.

e) Peu avant midi du 13 juin 1877, une foudre éclata sur la ville de Londres et se divisa en beaucoup de petits globes, dont un a été distinctement observé par le sieur Petit :

On eut dit un morceau de coke chauffé au rouge ; il était de la grosseur d'un œuf de poule environ et tombait comme un corps sollicité par la pesanteur. Lorsqu'il atteignit le sol, il se partagea en débris toujours comme l'eut fait un morceau de coke enflammé ; ces débris se répandirent sur une surface d'environ 0^m,60 de diamètre. Le sol est pavé, et il était bien lavé au moment où le phénomène s'est produit ; cependant il fut impossible de trouver une trace d'une substance matérielle quelconque : *l'aspect de la couche d'eau qui recouvrait le pavé n'avait même pas changé là où on avait aperçu des étincelles et des débris enflammés.* (Dans la relation de M. l'ingénieur Marie) (2).

f) Vers minuit du 17 août 1768, un globe lumineux se précipita sur le schooner *Urania* dans l'hémisphère austral. Tous reçurent une secousse terrible ; un matelot, frappé à mort, expira après quelques minutes, et le cadavre puait si horriblement que cela exigea qu'il fût jeté aussitôt à la mer. La salle se remplit de fumée épaisse avec une odeur de putréfaction. Les papiers noircirent, toutes les peintures furent couvertes de suie ; sur le pont, se déposa une *matière noirâtre* semblable à celle qui tombe de la cheminée d'un pyroscaphe (3).

II. CONTINUATION DE L'ÉTUDE DE LA MATIÈRE FULMINANTE.

7. Application du principe du déplacement de l'équilibre.

— Nous avons fait successivement, sur la structure de la matière fulminante de l'éclair sphérique : une première hypothèse simpliste, dont les conséquences se sont montrées par trop éloignées de la

1. LIBERTI FROMONDI *Meteorologicorum Libri VI*, Anvers, 1627, p. 35 et 37 (Cité par L. GALLI, *Della protezione*, etc., § 33, *loc. cit.*, en note au bas de la page 40).

2. *Bull. de l'Assoc. scient. de France*, t. XX, p. 222-223.

3. W. DE FONTVIELLE, *op. cit.*, p. 78-81

réalité ; puis une seconde hypothèse beaucoup plus rapprochée de la vérité, qui nous a conduit à la notion des *hétérogénéités thermiques*, laquelle a rendu compte de nombreux phénomènes. Il est temps maintenant d'étudier les propriétés de la matière fulminante à la lumière de la proposition peut-être la plus générale de la physique : le théorème du déplacement de l'équilibre.

Quand une décharge d'électricité naturelle traverse l'air et l'échauffe, les lois du déplacement de l'équilibre imposent à la combinaison qui se forme (matière fulminante) d'être endothermique à la température t de sa formation. Lorsque la température t baisse, par refroidissement de cette substance, le déplacement de l'équilibre impose une réaction exothermique consistant dans la décomposition spontanée d'une partie de la matière fulminante. Celle-ci se dissocie donc à mesure que la température baisse et de plus en plus, la tension de dissociation croissant quand la température baisse et diminuant quand la température s'élève.

Inversement, une diminution de pression à la surface de la matière fulminante fera remonter la température de celle-ci ; au contraire, une augmentation de pression fait baisser la température.

C'est exactement le contraire de ce qui se passe pour une réaction exothermique, telle que $H^2 + O = H^2O$ (vap.). Ici, la pression de dissociation est une fonction croissante de la température, tandis qu'elle est une fonction décroissante pour le corps endothermique qu'est la matière fulminante.

À une température suffisamment basse, la tension de dissociation de la matière fulminante égale la pression atmosphérique H ; alors, si aucune pression plus forte ne s'exerce à la surface de cette matière, celle-ci se résout spontanément et progressivement en ses éléments, *qui sont ceux de l'air* ⁽¹⁾. Si cette matière fulminante est *pure*, cette décomposition spontanée doit se faire sans production de vapeur d'eau, ni dépôt de noir de fumée, donc *sans étincelles*.

Si la matière fulminante est impure par absorption de corpus-

1. On a vu antérieurement, dans notre mémoire sur *La foudre*, que la matière fulminante est, très vraisemblablement, un composé oxygéné de l'azote encore inconnu.

cules végétaux ou animaux, sa décomposition donnera lieu à de la vapeur d'eau et à des étincelles constituées par des particules de noir de fumée incandescentes. Enfin des gaz sulfurés (SO^2 et H^2S) seront mêlés à la vapeur d'eau.

Il en est ainsi lorsque les globes fulminants ont une électrisation superficielle faible ou nulle, ce qui est le cas exceptionnel.

Supposons maintenant le cas habituel : l'éclair sphérique est fortement électrisé. La pression électrostatique $2\pi\sigma^2$, σ étant la densité électrique superficielle, s'ajoutant à la pression atmosphérique, empêche tout départ des molécules gazeuses de la matière fulminante dissociée ; par suite, la tension de dissociation augmente sans cesse, la température superficielle ne cessant de décroître. Celle-ci pourra même s'abaisser sensiblement au dessous de celle qui correspond à une tension de dissociation égale à $H + 2\pi\sigma^2$ si la décomposition est très rapide : à un certain moment, la couche superficielle sautera.

Celle-ci partie, le reste de la masse se trouvera subitement à la pression atmosphérique. Si la sphère est grosse, le refroidissement étant lent, la température centrale diffère à peine de la température superficielle, et, *en tous les points de la masse*, la tension de dissociation est franchement supérieure à H ; la décomposition de la matière fulminante, se produisant en tous les points à la fois et très rapidement, affecte la forme explosive. La violence de l'explosion diminuera à mesure que le rayon de la sphère sera plus petit. Si la décomposition est très lente, elle n'affectera pas la forme explosive.

Le raisonnement précédent suppose implicitement que la matière fulminante est *homogène*, c'est-à-dire qu'elle est formée de couches sphériques, isothermes et concentriques, dont la température décroît d'une façon continue du centre à la périphérie. La présence d'hétérogénéités thermiques à l'intérieur de foudres sphériques peut, comme on l'a vu (¹), donner lieu à des explosions partielles, à des expulsions de matières incandescentes, le contact de celles-ci avec les corps vivants donnant des secousses électriques ou non, selon qu'il s'agit de globes électrisés ou non.

1. E. MATHIAS, *La matière fulminante*, § 8, *loc. cit.*, p. 552

Conclusion : les foudres peu ou pas électrisés se décomposent spontanément et ne sont pas dangereuses ; les foudres fortement électrisés explosent nécessairement.

8. Rôle du paratonnerre de Franklin et de l'eau vis-à-vis de l'éclair linéaire. — Lorsque le paratonnerre de Franklin est foudroyé par l'éclair fulgurant linéaire, la matière fulminante est amenée, en vertu de sa conductibilité et de celle du paratonnerre, au potentiel du sol ; étant déchargée, comme on vient de le voir, elle se décompose spontanément en ses éléments, qui sont ceux de l'air, et disparaît sans laisser de traces. Il en est de même lorsque la matière fulminante, chaude et conductrice, est amenée directement au contact de l'eau de la mer, ou de l'eau du sol (fleuves, rivières, étangs, mares, etc..., excepté les *citernes*). On conçoit donc l'efficacité du paratonnerre de Franklin vis-à-vis de la décharge de l'éclair fulgurant, *pour laquelle il a été inventé*.

La seule différence de notre manière de voir avec la théorie classique est la suivante : Dans cette dernière, l'éclair (ou mieux son reste : la matière fulminante) est une forme visible du courant d'électricité naturelle qui frappe le paratonnerre de Franklin *dans la masse duquel il semble entrer* pour se perdre dans le sol par l'intermédiaire du conducteur du paratonnerre (souvent une chaîne) et des corps conducteurs (eau, braise de boulanger) qui établissent avec la terre un contact parfait. Dans notre manière de voir, la matière fulminante de l'éclair qui frappe la tige du paratonnerre de Franklin, ou une masse d'eau en contact avec le sol, *ne pénètre nullement ni dans le sol, ni dans le paratonnerre : elle se décompose instantanément à leur contact*, parce qu'ils la déchargent instantanément.

9. Le paratonnerre cylindrique et l'éclair sphérique. — On s'explique très bien, au contraire, le peu d'efficacité du paratonnerre à tige vis-à-vis de l'éclair sphérique ou globulaire, qui a souvent fait remettre en question la valeur de la géniale découverte de Franklin.

La matière fulminante d'un éclair fulgurant qui frappe le

paratonnerre n'existe que depuis un temps très court (quelques centièmes de seconde), car elle est fréquemment d'un blanc éblouissant ; aussi sa température est-elle très élevée et sa conductibilité pour la chaleur et l'électricité *maximum*. Au contraire, la matière fulminante d'un éclair sphérique est vieille quelquefois de plusieurs minutes ; elle est fortement refroidie ; sa couleur est rouge plus ou moins sombre et elle conduit médiocrement la chaleur et l'électricité.

En dehors de la *conductibilité médiocre* de la matière fulminante refroidie, les *formes géométriques* de la sphère et de la tige cylindrique

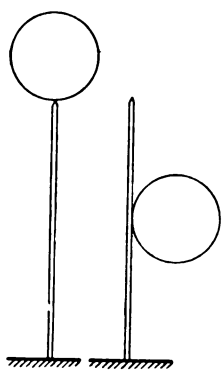


Fig. 1.

ou conique ne permettent qu'un contact ponctuel entre les deux surfaces, que l'éclair sphérique touche le paratonnerre par sa pointe ou latéralement (fig. 1). Le *contact physique* de la matière fulminante et du paratonnerre n'a donc lieu que par un très petit nombre de points, la désélectrisation se faisant très mal, c'est-à-dire lentement. Supposons le cas le plus favorable : la matière fulminante est d'un blanc éblouissant et conductrice au maximum. Alors la conductibilité ne joue pas, parce que la matière incandescente est

à l'état de *caléfaction* vis-à-vis de la substance froide du paratonnerre, plus ou moins oxydée. Il n'y a contact physique que de temps en temps, surtout si la matière fulminante est *impure*, et entourée comme telle d'une couche de vapeur d'eau qui isole littéralement la substance incandescente. Un contact de quelques points, pendant quelques secondes, n'est pas suffisant pour amener la matière fulminante au potentiel du sol.

Enfin il y a une autre raison qui désavantage le paratonnerre de Franklin vis-à-vis de la foudre globulaire. Dans les décharges partielles des gros globes, l'énergie explosive de leur substance peut détruire mécaniquement la tige ou le conducteur du paratonnerre avant qu'ils n'aient exercé leur rôle protecteur de décharge électrique.

Tout ce qui précède est bien conforme à l'observation.

Pour protéger les édifices contre des éclairs sphériques de rayon médiocre ou faible (15 centimètres de diamètre au plus) qui, *tombant des nuages, les abordent lentement par la partie supérieure*, on conçoit l'intérêt de toitures en zinc, à pente faible, terminées sur leurs quatre côtés par de larges gouttières métalliques bien reliées au sol comme la toiture elle-même. En effet, les foudres sphériques qui se promènent dessus se déchargent, tout en roulant doucement, et finissent par s'éteindre quand elles sont au potentiel du sol.

Voici plusieurs exemples de foudres globulaires descendues des nuages et qui s'éteignent après avoir roulé sur le sol :

a) Le soir du 10 mars 1695, une tempête traversait le territoire de Châtillon-sur-Seine, et de la Hire, qui avait reçu de là une lettre, en rapporte la nouvelle à l'Académie des sciences :

La tête de cet orage s'étant enflammée, l'air parut tout en feu ; ceux qui le virent en furent fort effrayés, et crurent que les villages voisins étaient entièrement consumés par le feu qui tombait de tous côtés en *bleuettes* semblables à celles qui sortent du fer rouge, quand on le bat ; *après être tombées, elles roulaient quelque temps à terre et paraissaient bleues* ; elles s'éteignaient ensuite.

Cette pluie de feu dura un quart d'heure, et occupa un assez grand terrain ; à la queue de l'orage, il neigeait, et la neige tombait à gros flocons (¹).

b) Un employé de l'Office géodésique des Etats-Unis, allant à la pêche dans la baie de Chesapeake, est surpris par un orage et aborde de nuit sur la rive d'une anse accueillante. Une foudre détona et il vit « de nombreuses boules de feu, de dimensions variées, qui glissèrent sur le rivage et disparurent quelque temps après sans explosion » (²).

c) Vers 19^h30 du 6 juin 1897, pendant que les ouvriers Scholtz, fabricants de briques, revenaient à Altkemnitz et étaient à une centaine de pas de leur maison, ils virent un éclair anguleux qui descendait sur le toit, du flanc au faite, et y serpentait. *Après, un globe rouge bleuâtre*, grand comme deux poings réunis (10 à 12^{cm}), glissa par la pente du toit et tomba à terre. *On n'entendit aucun tonnerre à ce moment*. Le toit, qui était de paille, commença à fumer

1. *Recueil des Pièces qui ont remporté le prix de l'Académie Royale des Sciences*. t. II, p. 233.

2. *L'Astronomie*, 1891, p. 26.

Ann. des P. T. T., 1929-VIII (18^e année).

sur la trajectoire parcourue par le globe, et la maison fut incendiée (1).

Dans cet exemple, visiblement, le globe est le résultat de la transformation spontanée de l'éclair initial sous l'influence de la tension superficielle. Sa couleur rouge bieuâtre indique qu'en roussissant la paille du toit, ou peut-être avant, il avait incorporé de petites quantités de soufre protoplasmique. En roulant sur le toit, il s'était déchargé partiellement ; en tombant à terre, la décharge électrique a été complète, et dès lors le globe ne pouvait plus éclater.

d) En décembre 1890, à 3 kilomètres de Montfort l'Amaury, un campagnard se préservait de la tempête en s'adossant à ses chevaux. Puis il alla chercher le fouet, et au retour il vit sur l'oreille d'un cheval un globe de feu qui, aussitôt, détona horriblement. Les deux bêtes tombèrent et une ne se releva plus ; lui fut lancé en l'air. Deux paysans qui travaillaient dans un champ voisin virent *une sphère embrasée rouler sur le terrain pendant environ 50 mètres et subitement disparaître* (2).

Remarques. — A ce qui précède, on peut ajouter les remarques suivantes, au point de vue de la défense d'un édifice contre la foudre globulaire. Celle-ci n'est vulnérable que du côté électrique, en ce sens que, par contact avec un plan métallique en relation avec le sol, on peut essayer de la décharger ; à partir de ce moment, les explosions partielles dues aux *hétérogénéités thermiques* ne faisant plus que du bruit, on n'a plus à craindre l'explosion proprement dite, la matière fulminante déchargée disparaissant en fusant. Toute la difficulté consiste donc à désélectriser la foudre globulaire ; c'est possible, à la rigueur, comme on vient de le voir, quand la foudre est d'un diamètre moyen ou petit et qu'elle tombe lentement sur le toit métallique, légèrement en pente sur ses quatre faces et relié au sol, de l'édifice qu'on veut protéger. Il arrivera souvent que les globes, en roulant sur cette toiture de zinc, y feront des trous et des déchirures parce que le contact de la matière fulminante incandes-

1. *Das Wetter*, novembre 1897 (Cité par GALLI, *Supplemento alla Storia ai Caratteri e agli effetti del fulmine globulare*, § 12 : *Mem. d. P. Acc. R. d. N. Lineei*, [II], t. 2, 1916).

2. *L'Astronomie*, X^e année, 1891, p. 77.

cente avec le métal volatil aura été trop grand ou trop prolongé ; mais il vaut mieux avoir à remplacer quelques feuilles de zinc que de voir l'édifice détruit ou fortement endommagé.

Si, en vaguant dans l'air, et poussée par un coup de vent, la foudre globulaire attaque l'édifice *latéralement*, il n'y a plus de défense électrique possible, car on ne peut vraiment pas proposer de recouvrir extérieurement les édifices à protéger d'un revêtement métallique en relation avec le sol. Le contact de la foudre globulaire avec ce revêtement vertical ne pouvant durer qu'un petit nombre de secondes, ou bien on ne pourra éviter l'*explosion par choc* (1), ou bien le contact sera insuffisant comme temps pour décharger totalement la foudre globulaire, qui demeurera dangereuse par la possibilité de son explosion spontanée.

On retrouve bien ainsi, par le raisonnement, le danger des chutes de foudre globulaires latérales constaté mainte fois, et pour lequel le système de protection de Melsens n'est que de très peu supérieur à celui de Franklin.

Le véritable danger des grosses foudres globulaires, en dehors de leur électrification proprement dite, consiste surtout, lorsqu'elles explosent, dans la puissance formidable de l'énergie interne qu'elles peuvent libérer et à laquelle rien ne résiste. Même les globes de 10 à 15 centimètres de diamètre, lorsque, dans une attaque latérale, ils explosent à peu de distance d'un mur, produisent sur celui-ci l'effet d'une torpille aérienne, qui peut causer les plus grands ravages.

Le véritable danger des foudres globulaires est dans une forte électrisation superficielle. Celle-ci disparue, le danger disparaît aussi. Il est donc du plus grand intérêt d'approfondir l'influence de la pression électrostatique sur les foudres sphériques.

10. Conséquences relatives aux foudres électrisées. — Les conclusions de ce qui précède sont les suivantes :

1^o *Les foudres sphériques non électrisées, quel que soit leur rayon, se décomposent spontanément et sans bruit sensible si la matière est*

1. Voyez plus loin page 710.

homogène. S'il y a des hétérogénéités thermiques, elles donneront lieu à des projections de matière incandescente précédant la décomposition spontanée. Toutes choses égales d'ailleurs, ces foudres ne paraissent pas dangereuses.

2° Les foudres électrisées sont doublement dangereuses : et par leur explosion même qui peut causer des traumatismes graves, et par les projections de matière électrisée. Le contact avec un globe électrisé de rayon médiocre, même s'il n'explose pas, peut produire l'électrocution. Malheureusement, l'œil ne peut distinguer les globes fortement électrisés de ceux qui ne le sont pas ou le sont faiblement. On peut cependant faire les remarques suivantes :

3° Lorsque la matière fulminante est pure, sa couleur superficielle étant celle du corps noir qui se refroidit, les globes les plus chargés, pour un même diamètre, sont ceux qui explosent à la température la plus basse. La coloration rouge est d'autant plus dangereuse qu'elle est plus sombre. Tant que les globes sont jaunes ou orangés, ils n'explosent pas en bloc : ils ne sont dangereux qu'à cause de la possibilité d'explosions partielles par hétérogénéités thermiques.

4° Quand la matière fulminante est impure, il faut superposer une coloration bleue à celle de la matière pure. En particulier, on se méfiera des gros globes violacés, leur basse température indiquant la très grande possibilité d'une forte pression électrostatique qui retarde leur explosion finale.

Remarque. — On sait que certains dispositifs d'artifice fusent ou explosent selon qu'on laisse les produits de la combustion rapide du mélange explosif se dégager librement, ou qu'un obstacle convenable, gênant l'écoulement des gaz, produit, par l'accumulation de ceux-ci, une pression antagoniste. On remarquera le parallélisme des effets avec ceux des gros globes fulminants pourvus, ou non, d'une forte pression électrostatique.

11. Double mode de décomposition de la matière fulminante. — La décomposition explosive de la matière fulminante est de notoriété publique : de nombreuses observations montrent l'intensité extraordinaire habituelle de la détonation produite. Voici trois exemples caractéristiques :

a)

Le jour même (1772)... les révérends MM. Wainhouse et Pitcairn, qui se trouvaient dans une pièce du presbytère, virent tout à coup apparaître, à la hauteur de leur figure et à environ un pied de distance, un *globe de feu* de la grosseur du poing. Ce globe était entouré d'une fumée noire. En éclatant, il fit un bruit comparable à celui d'un grand nombre de pièces de canon qui partiraient à la fois... (1).

b)

Lorsque le navire anglais *le Montague* fut frappé par un globe de feu, le 4 décembre 1749, avec une détonation que le master Chalmers assimila à ce que lui résulterait de l'*explosion simultanée de plusieurs centaines de canons*... (2).

c) Dans l'ouragan qui, le 19 février 1860, causa des dommages très graves en Belgique, où la foudre incendia dix-huit clochers et beaucoup de maisons, les paysans de Belegghem, près de Courtrai, virent « un brillant globe de feu, gros comme la lune, qui persista pendant plusieurs minutes, et éclata en faisant explosion avec un bruit comparable à celui des plus violents coups de tonnerre » (3).

La décomposition spontanée et sans bruit appréciable de la foudre globulaire est beaucoup moins connue. En voici un exemple simple :

d) Un soir, à l'île de France, en 1770, les nuages, comme on pouvait en juger par les montagnes du port, descendirent jusqu'à la faible hauteur de 400 mètres. La pluie fut très abondante. « Il éclairait beaucoup, mais les éclairs, dit l'académicien Le Gentil, loin de ressembler aux éclairs ordinaires, n'étaient autres que *de très gros globes de feu*, qui paraissaient subitement et disparaissaient de même sans explosion » (4).

Voici maintenant des cas intéressants mais plus complexes.

e)

M. Edouard Collomb, vice-président de la Société de géologie de Paris, a vu une boule descendre lentement du ciel sur la terre en suivant l'écorce d'un peuplier. Elle a besoin de cinq à six longues minutes pour parvenir jusqu'à la base, comme si elle ne pouvait vaincre la résistance de l'air : mais elle choque le sol ; rapide comme l'éclair, elle rebondit et disparaît sans avoir éclaté (5).

1. F. ARAGO *loc. cit.* p. 44.

2. F. ARAGO, *loc. cit.*, p. 91.

3. *Cosmos*, Revue des sciences et de leurs applications, t. XVI, p. 281.

4. F. ARAGO, *loc. cit.*, p. 41.

5. WILFRID DE FONTVIELLE, *Eclairs et tonnerre*, 2^e édition, Hachette et C^{ie}, Paris, 1874, p. 23.

f) A Grenoble, le soir du 2 octobre 1895, il pleuvait sans éclairs et sans tonnerres, et le sieur Mattiétal fit ces observations :

Vers 8 heures, m'étant approché de la fenêtre, je vis subitement apparaître une grosse boule de feu à l'extrémité d'une tige de fer, placée au sommet d'une maison voisine pour supporter des fils télégraphiques. Comme je n'en étais séparé que de la largeur d'une place, soit d'environ 100 mètres, je pus observer très distinctement le phénomène. Cette boule, dont le contour apparent était

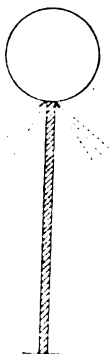


Fig. 2.

nettement défini, malgré les radiations lumineuses, pouvait avoir 0^m.30 de diamètre. Elle avait l'éclat et l'aspect d'un puissant foyer électrique. Du sommet de la tige-support partait une gerbe continue d'assez grosses étincelles, qui semblaient produites par des pailettes de fer portées à l'incandescence. Ces étincelles rappelaient, en effet, d'une manière frappante, ce les qui jaillissent sous l'action d'un marteau-pilon. La gerbe était dirigée de haut en bas. Après un temps que j'évaluai à 40 ou 50 secondes, la boule de feu se divisa tout-à-coup en trois autres plus petites, de la grosseur de ces ballons d'enfant que l'on vend dans les rues. Les étincelles cessèrent aussitôt et les trois boules, de même aspect que la première, semblèrent rouler le long du toit, comme si elles eussent obéi à la seule action de la pesanteur. Arrivées vers le chéneau (peut-être au contact, car à ce moment quelques étincelles reparurent) elles s'évanouirent toutes les trois sans produire de détonation. Presque immédiatement après, une seconde boule apparut de la même façon à l'extrémité de la même tige, mais elle s'évanouit au bout de deux ou trois secondes sans détonation. Il partit en même temps de l'extrémité de la tige une gerbe d'étincelles identiques aux précédentes comme grosseur et comme couleur. Cette gerbe avait la même direction que la première. Je crois utile d'ajouter que, vers 5^h30, une personne digne de foi, avait observé, à quelques minutes d'intervalle, l'apparition de deux boules de feu au même endroit et m'en avait parlé un instant après (1).

g)

Après que le roi Philippe V fut entré à Madrid, la foudre, sous la forme d'un globe de la grandeur d'une tête humaine, tomba dans le temple ; ce globe, le toit étant percé, se partagea en deux parties. L'une d'elles vagna dans le temple avec grand bruit ; l'autre partie s'était divisée en petites particules sautillantes qui, à la fois, s'évanouirent (2).

Les particularités qui rendent complexes ces derniers exemples seront expliquées en détail dans le mémoire suivant.

Dans ce qui précède, la décomposition, le plus souvent explosive, plus rarement fusante, de la matière fulminante, se produit

1. *La Nature*, 2^e semestre, 1895, p. 407.

2. MUSSCHENBROEK, *Introductio ad Philosophiam naturalem*, t. II, Padoue, 1768, p. 579 (cité par GALLI, *I principali caratteri dei fulmini globulari*, § 14, p. 30, Estratto dalle Mem. d. Pont. Rom. Acc. d. Lincei, t. 28, 1920).

sur des restes d'éclair d'origine différente. Dans l'exemple suivant, qui n'est autre que celui du coup de foudre remarquable observé à Amiens, le 24 février 1884, par le professeur Decharme et décrit par lui, les deux modes de décomposition s'observent sur des matières fulminantes qui ont une origine commune et qui, *à un certain moment, étaient reliées toutes ensemble d'une manière continue* ; d'où il s'ensuit que, s'il n'y a pas identité absolue entre elles, la différence n'en saurait être que très faible. Ce coup de foudre « représente un cas beaucoup plus général que ne paraît le penser l'auteur du récit. Une particularité que le narrateur n'a pas soulignée est la suivante : dans six des sept endroits où elle est tombée, la foudre globulaire a explosé. Au contraire, la *petite flamme bleue* qui, dans un restaurant situé à 500 mètres du théâtre, paraît être entrée par la cheminée et a couru avec une très grande vitesse au-dessus de la table où un employé prenait son repas, *s'est dissipée sans bruit*. On vérifie donc, dans ce cas particulier, ... que la matière fulminante peut, suivant les cas, se décomposer spontanément d'une manière *progressive* ou *explosive* » (1).

Si démonstratifs que soient les cas précédents, ils le sont moins que ceux qui vont intervenir maintenant et dans lesquels la même foudre globulaire présente successivement les deux modes de décomposition spontanée : d'abord le mode progressif et silencieux, et, pour terminer, le mode bruyant et explosif.

a)

L'autre cas (de globe très petit) fut observé à Flensburg, une nuit d'août 1891. L'obscurité produite par l'orage n'aurait pas pu être plus noire, et, pendant qu'il pleuvait diluviennement, apparut une *petite boule rouge, mais tellement pâle*, qu'on ne voyait pas les parties très voisines. Ensuite, se *diffusa dans tout l'air une lumière rosée qui crut beaucoup pendant environ deux secondes*, et elle s'évanouit rapidement avec éclair et tonnerre (2).

b) Cet exemple n'est autre que l'exemple g) de la page 708.

c) Cet exemple n'est autre que l'exemple g) des pages 720-721

Le mécanisme identique de ces trois derniers exemples nous

1. E. MATHIAS, *La foudre* (Ann. des P.T.T., novembre 1927), p. 987.

2. *Das Wetter*, septembre 1891 (cité par GALLI, *Supplemento alla storia*, etc., loc. cit., § 11, p. 41.

paraît être le suivant. La décomposition spontanée de la matière fulminante débute sur le mode calme ; la vitesse de décomposition, modérée au commencement, s'accélère peu à peu ; elle finit par être très grande, la décomposition devenant alors explosive.

Remarque. — Notre manière de faire, qui consiste à étudier les observations recueillies dans les différents pays et à en déduire les propriétés de la matière fulminante, est absolument l'inverse de la méthode *a priori* de M. Lartigue, qui pose en principe que la foudre se comporte toujours comme un explosif brisant. Un pareil explosif, détonant toujours violemment, ne peut pas avoir la décomposition progressive et silencieuse des explosifs fusants. La théorie de M. Lartigue se trouve donc en contradiction formelle avec les observations qui précèdent.

12. La matière fulminante, en se décomposant, augmente de volume. — On pourrait soutenir que la décomposition explosive de la matière fulminante et les phénomènes mécaniques violents dont elle est le siège démontrent surabondamment la proposition qu'il s'agit d'établir par des observations dignes de foi. Mais, dans une explosion, *on ne voit rien distinctement* ; les faits se passent beaucoup trop rapidement.

Dans les cas de décomposition fusante et progressive, le phénomène à mettre en évidence, tout en étant beaucoup plus petit que dans les cas d'explosions, est beaucoup plus démonstratif. Pour prouver l'augmentation de volume en question, nous nous en tiendrons donc aux exemples de décomposition spontanée et tranquille.

Nous considérerons d'abord le cas de foudres dont la forme n'est pas définie.

a) En 1750, le 2 juillet, à 15^h, l'abbé Richard, se trouvant pendant un orage dans l'église Saint-Michel de Dijon, vit paraître entre les deux piliers de la grande nef, « une flamme d'un rouge assez ardent qui se soutenait en l'air à trois pieds du pavé de l'église ; elle s'élança ensuite à la hauteur de 12 à 15 pieds *en augmentant de volume*... elle finit *en se dilatant* par un bruit semblable

à celui d'un canon que l'on aurait tiré dans l'église même » (1).

L'explication est simple. La décomposition de la matière fulminante augmentant son volume, en vertu du principe d'Archimède, elle s'élève dans l'air progressivement. A la fin, sa température étant assez basse, le reste, non encore décomposé, explose dans l'église même. C'est un nouveau cas, à ajouter à celui du paragraphe précédent, d'une foudre qui présente successivement les deux modes de décomposition spontanée : fusant d'abord, explosif ensuite.

b)

FOURS A TUILES. — L'observation suivante a été recueillie par M. de la Pylaie.

Le 15 octobre 1848, un orage éclata sur le bourg de Betz (Oise). M. Gobert, propriétaire d'une tuilerie, avait un four chargé de 23 milliers de tuiles dont on achevait la cuisson à grand feu. Il la surveillait lui-même alors de la petite niche pratiquée dans le mur d'enceinte à côté des deux bouches du fourneau. Depuis trois heures, le tonnerre grondait au loin, mais il n'arriva qu'à 5 heures et demie environ au-dessus de son établissement. Ce fut alors qu'éclata un coup beaucoup plus violent que tous ceux qui l'avaient précédé. Il fut annoncé par un long éclair d'un bleu verdâtre qui remplit de sa lumière toute la fosse d'arrivée aux bouches du fourneau. La *masse du feu*, apporté par cet éclair, pouvait offrir un *diamètre au moins de trois pieds*. Arrivée devant les deux bouches, elle se divisa en deux portions, lesquelles attirées par le courant d'air qui se dirigeait vers le brasier s'y précipitent par chaque bouche, *en passant par un petit intervalle de 15 centimètres*, qui se trouvait entre le bas de leurs portes en tôle et le sol. Le fluide électrique produisit, au moment de son passage, le bruit d'un souffle violent ; tout entra dans le fourneau, et y produisit un bruit plus ou moins fort, comme si l'électricité eut rencontré des obstacles pour y circuler ; au bout de 15 secondes, *toute la masse du tonnerre sortit également par dessous les portes pour remonter vers le ciel ; mais elle était augmentée de volume et produisit un souffle beaucoup plus grand qu'en y entrant*.

On vit en même temps une flamme bleuâtre s'élever subitement de l'ouverture supérieure du fourneau. *Ce ne fut qu'après l'entrée de la foudre dans celui-ci que M. Gobert entendit l'explosion du tonnerre dans les nuages* ; il ne sentit aucune odeur sulfureuse, quoiqu'il fût à peine à un mètre du trajet de l'électricité.

Au bout de 5 à 6 minutes, survint un nouvel éclair *encore plus chargé de matière électrique que le premier*, qui remplit le fourneau d'arrivée d'une lumière plus éblouissante ; toute cette *masse de feu, quoique beaucoup plus considérable*, entra, comme la précédente dans le fourneau, et s'élança pareillement vers les nuages à sa sortie, mais en produisant à son double passage un bruit beaucoup plus fort, ainsi que dans l'intérieur du fourneau.

Lors de la seconde chute de foudre, un ouvrier âgé de 24 ans apportait un fagot au fourneau, dont il était à 4 ou 5 mètres au plus ; il se vit tout-à-coup

1. CAMILLE FLAMMARION, *Les phénomènes de la foudre*, p. 111. Ernest Flammarion, Paris.

entouré de flammes qui l'éblouirent, et tout étourdi, il laissa tomber son fagot dont les liens furent brisés, ce qui n'aurait pas eu lieu s'il fût simplement tombé à terre ⁽¹⁾. (voy. p. 718).

Et Sestier ajoute : avant la chute de la foudre, les tuiles avaient atteint la température rouge intense ; après sa sortie, elles n'offraient plus que la couleur sombre, et il fallut plus d'une demi-heure pour ranimer le feu ⁽²⁾.

Les deux chutes du tonnerre au même endroit prouvent simplement que la direction du vent était demeurée rigoureusement la même entre les deux éclairs. Visiblement, il y a ici, pour chacune des deux masses de matière fulminante entrées dans le fourneau, décomposition spontanée de cette matière par refroidissement dans le fourneau, dont elles ont par deux fois presque éteint le feu, et cela pour deux raisons : elles empêchaient mécaniquement l'arrivée de l'air (il est vrai que la décomposition de la matière fulminante restituait en partie de l'oxygène) ; d'autre part, l'anhydride sulfureux que la matière fulminante contenait produisait sur le brasier l'effet bien connu de l'extinction des feux de cheminée.

La masse gazeuse ayant beaucoup augmenté en volume est devenue les deux fois plus légère et, en vertu du principe d'Archimède, elle est remontée dans l'air après en être descendue une quinzaine de secondes plus tôt.

Enfin on retrouve ici, comme dans les éclairs d'Amiens et de Pontgibaud, le retard du bruit du tonnerre centripète sur l'arrivée de l'éclair avec une vitesse comparable à celle de la lumière ().

c) Le P. Lozeran du Fesq, en parlant, dans une lettre demeurée historique, des deux voyageurs qui, descendant le 2 septembre 1716 des monts du Cantal, furent enveloppés dans un orage où voltigeaient les éclairs sphériques, dit : « ... On en voyait de toutes les grosseurs, les uns, tout petits au moment de leur apparition, augmentaient considérablement de volume en peu de temps » ⁽³⁾.

1. F. SESTIER, *De la foudre, de ses formes, de ses effets*, t. I, p. 142-143. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1866.

2. F. SESTIER, *loc. cit.*, p. 413-414.

ATHIAS, *La foudre etc.*, (*Ann. des P.T.T.*, 1927, p. 991).

LAMMARION, *Les phénomènes de la foudre*, p. 116.

Il s'agit évidemment de globes assez fortement électrisés qui se décomposent spontanément, les produits de la décomposition demeurant groupés sous la forme sphérique, tandis que le globe de Spallanzani, qui laissait se dégager librement les gaz résultant de sa décomposition, devait être relativement peu électrisé, parce qu'il n'est pas question de secousse ressentie par la jeune fille, par ailleurs très légèrement brûlée (¹).

d) Phénomène observé par de nombreux témoins à Azerailles (Meurthe-et-Moselle) vers 18^h45, le 21 juin 1913 :

Dans le centre superficiel d'un grand cumulus très haut et de couleur sombre,... on vit sortir un petit globe blanc. *Il augmenta de volume jusqu'à atteindre la grosseur apparente de la Lune pleine, et alors il s'en échappa un long panache blanc* qui serpentait autour, et finalement toute l'apparition, qui avait duré cinq minutes, s'affaiblit et se confondit avec la teinte grise du nuage (²).

C'est un globe blanc, sans lumière propre, donc fortement électrisé à sa surface. Se refroidissant vite, il se décompose progressivement en gardant d'abord sa forme sphérique. La décomposition intérieure donne un appendice caudal d'abord. Puis, la charge électrique se dissipant peu à peu, le globe et le panache se dissipent à leur tour sans explosion ; du moins, l'observation n'en fait pas mention.

e) Cas observé à Eisleben vers 19^h, le 3 mars 1888, par le professeur A. Otto et un de ses collègues. Ils étaient dans la campagne pendant qu'un orage déchargeait de la neige en abondance ; aux confins d'un bois distant d'environ 400 mètres, ils virent un globe vivement jaune, gros en apparence comme une bulle ordinaire de savon (?), qui rasait la cime des arbres. Pendant une petite seconde, il resta fixe et sans changement ; après, *il se dilata jusqu'au double de la pleine Lune*, et disparut sans bruit ().

Ici, les flocons de neige ont refroidi la foudre globulaire superficiellement et, en vertu des lois du déplacement de l'équilibre, produit sa décomposition exothermique ; la matière, en se décom-

1. Voyez plus loin, p. 721.

2. *Cosmos*, Revue des sciences et de leurs applications, t. 69, 1913, p. 6 (Citée aussi par Galli).

3. *Das Wetter*, avril 1888 (Citée par I. GALLI, *Supplemento alla Storia*, etc., § 13, p. 47, loc. cit.

posant lentement, a augmenté de volume, la pression électrostatique maintenant en place les produits de sa décomposition ; la charge électrique du globe disparaît rapidement au milieu de l'air fortement ionisé et conducteur, permettant ainsi aux gaz résultant de la décomposition de se disperser.

f) Le 20 décembre 1845, le ...phénomène a été observé au château de Bortyvon, près de Vire. Là encore, la foudre globulaire s'est précipitée sur un paratonnerre planté au centre du château. Il fut épargné, mais le château eut beaucoup à souffrir. La boule électrique descendit des deux côtés de la tige métallique, en causant de grands dégâts sur son passage. *En touchant le sol, elle se dilata*, et plusieurs personnes affirmèrent avoir vu comme un gros tonneau de feu se rouler sur la terre.

La dilatation de la foudre globulaire en touchant le sol froid s'explique par sa décomposition exothermique ; la pression électrostatique a diminué également beaucoup, ce qui a facilité l'augmentation de volume, la sphère dilatée ayant grossièrement pris la forme d'un gros tonneau de feu qui s'est dissipé sans bruit comme toutes les foudres complètement désélectrisées (*).

g) Les notices sur les foudres de grandeur limitée commencent à être plus fréquentes et plus sûres après la *Lettre* du 10 septembre 1713, adressée au professeur Antonio Vallisnieri par le marquis Scipion Maffei, lequel, en conversant avec le marquis Louis Malaspina et avec sa mère, dans une salle du château de Fosdinovo pendant que sévissait une tempête, vit sur le pavé « un feu très vif, en partie blanchâtre, en partie comme azuré, tourner sans déplacement, puis s'approcher *et grandir*, puis s'élever et pénétrer à travers la voûte de l'étage supérieur, où il détona et produisit les effets de la foudre... » (*).

Cette foudre, née entre deux pavés joints au plâtre (sulfate de calcium), a absorbé du soufre, d'où sa couleur en partie azurée. Dans ce cas (voy. b) p. 703), on voit sur la même foudre globulaire *la succession du mode fusant, puis du mode explosif*. Après la décom-

1. C. FLAMMARION, *loc. cit.*, p. 122.

2. IGNAZIO GALLI, *I principali caratteri*, etc..., § 5, p. 15.

position tranquille, le volume ayant augmenté et la densité diminué, la foudre globulaire s'est élevée du pavé au plafond.

Les nombreux exemples de ce paragraphe, auxquels il convient de joindre les exemples a), b), c) de la page 703, prouvent que :

Quand la matière fulminante se décompose, elle augmente notablement de volume ; elle est donc le résultat d'une combinaison endothermique avec contraction de volume.

Par suite : LES HYPOTHÈSES FONDAMENTALES DE NOTRE EXPLICATION SYNTHÉTIQUE DE LA FOUDRE PEUVENT ÊTRE CONSIDÉRÉES COMME SOLIDEMENT ÉTABLIES. Seule, la véritable composition de la matière fulminante demeure jusqu'ici inconnue.

13. Dimensions démesurées de certains globes sphériques.

— Dans une étude extrêmement riche en indications bibliographiques, l'éminent ingénieur des Télégraphes C. de Jans dit que les dimensions de la foudre globulaire peuvent s'élever jusqu'à une limite supérieure que les documents actuels ne permettent pas d'assigner avec certitude, et ajoute en note :

Un diamètre de 0^m,50 n'est pas rare. F. BLUMHOF (*Meteor. Zeitsch.*, t. 22, p. 132, 1905) cite un diamètre de 4 mètres environ, SAUTER (*Beispiele von Kugelblitzen*, Ulm, 1892, exemple n° 67) un de 5 mètres, et E. LEES (*Meteor. Zeitsch.*, t. 18, p. 39, 1901). trouve au moins 20 mètres (?) pour le diamètre d'un globe qu'il vit apparaître dans les nuages, apparemment entre 1000 et 1500 mètres d'altitude (1).

Le prof. Galli, ému par les dimensions presque incroyables du globe calculé par le docteur Lees, dit à ce sujet :

A présent, je connais même les éléments du calcul entrepris à propos de ce fait très important.

A 20^h55, le 24 août 1900, le docteur Lees observa, à travers les nuées de l'orage, au Sud de Berlin et à 45° de l'horizon, un espace circulaire tirant sur le rouge, duquel partaient des éclairs continuels violacés, horizontaux et anguleux. A l'un d'eux était attaché un globe rougeâtre, d'un diamètre d'environ deux fois celui de la Lune, et d'une si grande vivacité qu'il se laissait nettement voir au travers des nuées. Il alla vers le SE et s'évanouit sans tonnerre après avoir parcouru, au plus en deux petites secondes, un trajet triple ou à peine quadruple de son diamètre.

De la pression atmosphérique, de la température et de l'humidité relatives à ce moment à Berlin et des tables de Hertz, il déduisit que la nuée de l'orage

1. C. DE JANS. *Coup d'œil rétrospectif sur les essais d'explication de la foudre globulaire* (Ciel et Terre, 1910, p. 499; 1911, p. 155, 255-301; 1912, p. 18 et 143).

devait être à 1060 mètres au-dessus du sol. Dans de telles hypothèses, la distance du globe à ses yeux aurait été à peu près de 1500 mètres et, en limitant l'extension du diamètre apparent à seulement une fois et demie celui de la Lune, on obtiendrait moins de 20 mètres pour le diamètre réel.

Contre la base de ce calcul, on peut opposer que les nuées d'un orage ne procèdent pas des conditions statiques locales de l'air dans lequel elles sont suspendues, comme c'est fréquemment démontré par leur bassesse même en été, par les grandes panaches de cirrus qui les surmontent, par la quantité de pluie et de grêle souvent copieusement versée sur toute une longue zone du sol, et par le vent plus ou moins fort qui les transporte ou qui souffle de leur intérieur. Nous devons toutefois tenir pour certain que le globe était très éloigné du docteur Lees, d'un kilomètre au moins. Et même à cette distance moindre, ses dimensions réelles sembleraient toujours énormes : diamètre d'environ 13 m. volume de plus de 1000 mètres cubes ⁽¹⁾.

Nous ne chicanerons pas le docteur Lees sur les dimensions absolues du globe qu'il a observé : la seule conséquence que nous tirerons de leur énormité même est l'impossibilité pour une foudre globulaire d'amasser dans son sein, *résultant d'un seul éclair fulgurant linéaire*, l'énergie prodigieuse que l'on peut immédiatement calculer connaissant l'énergie d'un centimètre cube de la matière fulminante (que nous apprendrons à calculer dans le mémoire suivant).

Ce globe énorme, qui disparaît sans tonnerre dans les nuées et qui est de couleur rougeâtre, s'explique très bien s'il s'agit de matière fulminante décomposée, illuminée par quelques parties demeurées au rouge sombre et incomplètement décomposées, maintenue sphérique par une pression électrostatique juste suffisante, le globe disparaissant sans explosion lorsque cette contre-pression s'annule progressivement et par dissipation de la charge dans l'air raréfié, ionisé et conducteur.

14. Explosion de la matière fulminante par choc. — La matière fulminante, d'après notre théorie, étant une substance endothermique, on doit pouvoir, à l'exemple de Marcelin Berthelot, mettre en évidence son pouvoir explosif *par un simple choc*, au moins dans des conditions convenables. C'est ce que paraissent bien démontrer les exemples suivants :

1 I. GALLI, *Supplemento alla Storia*, etc..., § 11, loc. cit., p. 44.

Cas de gros globes. — a)

Au rapport de Jos.-Mar. Bachetonus, un violent orage éclata sur Bologne, le 21 juillet 1745, et la foudre frappa une tour appartenant à un monastère de femmes. Or suivant, plusieurs témoins dignes de foi, *la foudre sortit d'une excavation souterraine où se rendaient les eaux de la voie publique sous la forme d'un énorme globe de feu* qui prit sa course au-dessus de la surface du sol et se jeta bientôt avec furie sur la tour mentionnée dont une grande partie s'écroula ; aucune personne ne fut blessée.

Une religieuse avancée en âge affirma à Bachetonus avoir vu, plusieurs années auparavant, un météore entièrement semblable au précédent *sortir du même endroit et aller frapper avec grand bruit le sommet de la même tour, mais sans la démolir* (1).

Ici, l'explosion est totale, et l'importance des dégâts produits, le 21 juillet 1745, s'explique par la grandeur de l'énergie par unité de volume ou de masse de la matière fulminante.

b) Vers deux heures de l'après-midi du 12 mars 1909, à Sermonea, entre Velletri et Terracina, *un globe rouge d'environ 40 centimètres se lança* contre la tour du château Castani et y fit une crevasse de 10 mètres. Il entra ensuite dans un grand réservoir d'eau potable, fissa pendant environ 900 mètres la conduite de celle-ci et endommagea tous les tubes de la distribution. La large rue voisine fut tout inondée de l'eau du réservoir, qui puait le soufre pendant tout le temps qu'elle y resta. Ce globe fut vu par plusieurs témoins (2).

Ici, l'explosion du globe n'est que partielle, puisqu'après il a réussi à commettre les dégâts que l'on sait au réservoir d'eau potable et à sa distribution.

Cas de globes plus petits. — c) Récit, par le docteur Mario Otto, d'un fait dont son père, l'ingénieur Luigi Otto, et trois de ses amis furent témoins peu d'années avant 1900 :

Le temps était à l'orage. De larges gouttes de pluie commençaient à tomber. Mon père et ses amis déjeunaient dans une des salles de l'hôtel des *Gorges du Loup*, près Nice, dont la fenêtre était ouverte. Soudain, poussé par une rafale, *un globe de feu de 20 centimètres environ de diamètre* pénétra dans la pièce où étaient les convives. Pareil à une bulle de savon légère, le globe de feu se balança doucement et paraissant flotter dans l'atmosphère fit le tour de la pièce sans toucher à aucun objet. Emporté par le courant d'air, il ressortit par la fenêtre

1. F. SESTIER, *loc. cit.*, t. I, p. 122.

2. I. GALLI, *Gli effetti fisici e chimici, etc.*, § 20, p. 52 (Estratto dalle *Mém. d. Pont. Acc. Rom. d. Nuovi Lincei*, t. 30, 1912).

avant que mon père et ses amis, en proie à une émotion bien légitime, aient pu essayer de fuir. L'apparition avait duré cependant 10 secondes. Les convives suivirent du regard la boule mystérieuse. Chassée par le vent, elle franchit, en une minute, la distance qui sépare l'hôtel des rochers à pic qui surplombent le torrent du Loup. *Une explosion formidable retentit au moment où le météore heurta les rochers* (1).

d)

M. Geoffroy le Cadet apprit à l'Académie que, le 4 janvier (1717), en Quesnoy, le temps étant fort couvert, les nuages baissèrent au point qu'ils paraissaient toucher les maisons, qu'un tourbillon ou Globe de feu parut dans le nuage au milieu de la Place, *alla avec l'éclat d'un coup de canon se briser contre la Tour de l'Eglise et se répandit sur la place comme une pluie de feu, après quoi la même chose arriva encore au même lieu*. On peut juger de l'effroi des spectateurs (2).

e) Le 27 septembre 1919, vers 21^h, M. Joseph Bouget, regardant de la rive droite de l'Adour, à Montgailhard, vers l'ouest, aperçut un globe rouge cuivre, de la grosseur du verre dépoli d'une forte lampe à arc, à 50 mètres au-dessus du sol, illuminant fortement les arbres, le sol et les objets environnants. Il descendit vers la vallée de l'Adour jusqu'à la rive ouest du fleuve, bordée d'une rangée d'arbres ; à ce moment, il tourna brusquement à angle droit vers le sud. S'abaissant constamment, *il finit par heurter la cime d'un arbre* ; à ce moment, il éclata avec un bruit formidable, comparable à celui de l'explosion d'une bombe (3).

La longueur totale du chemin suivi depuis l'apparition jusqu'à l'explosion, fut d'environ trois kilomètres : 2 km,5 de l'ouest à l'est et 0 km,5 du nord au sud.

Pendant tout son parcours, le globe garda le même aspect et se déplaça avec une vitesse sensiblement uniforme, sans faire entendre aucun bruit appréciable. A cause de sa grande clarté et de la nuit qui régnait, il fut aperçu, non seulement par M. Bouget, mais par plusieurs personnes à Montgailhard.

f) M. le prof. Decharme a donné la description du remarquable coup de foudre d'Amiens (24 février 1884). De son enquête, nous détachons le passage suivant :

Dans une autre maison, ... une domestique, qui se trouvait au moment de l'éclair devant la porte ouverte de la cuisine donnant sur une cour, a vu une

1. *La Nature*, 1901, 2^e semestre, p. 361-362.

2. *Histoire de l'Académie*, 1717, p. 8-9.

3. Extrait d'une notice manuscrite rédigée par M. J. Bouget avec une admirable précision et qu'il a bien voulu nous communiquer.

flamme de couleur blanc bleuâtre, à contours peu nettement définis, qui, venant du SW, s'est précipitée sur un tuyau de gouttière contigu à la porte. C'est donc à ses pieds que cette femme a vu tomber la *boule de feu*, dont la grosseur ne lui parut pas supérieure à celle d'un œuf. En atteignant le tuyau, la flamme a fait entendre un bruit aussi fort que celui d'un coup de fusil, ou mieux d'un coup de gros pétard. Il est à remarquer, que du tuyau s'écoulait en ce moment une très grande quantité d'eau qui se rendait dans la rue par une longue conduite de fonte ⁽¹⁾.

g) Du récit que M. Butti, peintre de marine de l'impératrice d'Autriche, adressa à Arago, nous détachons le passage suivant :

Huit ou dix personnes du peuple continuaient à crier : *Guardia, Guardia*, les yeux fixés sur le météore, l'accompagnaient marchant dans la rue d'un pas que les soldats nomment pas accéléré. Le météore passa tranquillement devant ma fenêtre et m'obligea à détourner la tête du côté gauche pour voir comment finirait son caprice. Après un moment, craignant de le perdre de vue derrière les maisons qui sortaient de la ligne de celle dans laquelle j'étais logé, je descendis en hâte dans la rue, et j'arrivai encore à temps pour le voir et me joindre aux curieux qui le suivaient. Il marchait toujours aussi lentement ; mais il s'était élevé, car j'ai déjà dit qu'il allait obliquement ; de manière que, après trois minutes encore de marche toujours montante, *il alla heurter la croix du clocher de l'église dei Servi et il disparut. Sa disparition fut accompagnée d'un bruit sourd comme celui que peut faire un canon de 36 ouï à la distance de 25 kilomètres avec un vent favorable...* » ⁽²⁾

La détonation fut fort affaiblie pour trois raisons : d'abord parce que le météore était éloigné, mais surtout parce que, se faisant au-dessus des maisons dans un air déjà un peu raréfié, elle se propagea librement, après réflexion sur les toits des maisons, vers les régions supérieures de l'air, en sorte qu'il n'en parvint qu'une petite fraction aux spectateurs du météore.

h) A propos de l'ouragan de Saint-Claude, le soir du 19 août 1890, M. Cadenat, professeur de physique au collège de Saint-Claude, envoyait à Faye une notice d'où nous détachons le passage suivant :

Un paysan de Vitry, rentrant chez lui avec son bétail et surpris par l'ouragan, voit une boule de feu *qui descend rapidement*. Saisi de frayeur, il se jette par terre. *Le globe lumineux frappe le sol, éclate avec fracas*, et le couvre de poussière. C'est le seul cas d'explosion constaté ⁽³⁾.

i) L'an 1750, le 10 mars, à Horn, il tonnait terriblement ; la

1. E. MATHIAS, *La foudre*. etc. (Ann. des P. T. T., 1927, p. 987).

2. F. ARAGO, *loc. cit.*, p. 50 et 51.

3. C. R., t. CXI, p. 189.

foudre, tombée sous la forme d'un globe de feu, saute sur le pavé des rues, *frappe la voûte de la tour et l'enflamme*.

En résumé, le globe tombe du ciel, remonte et explose après un choc contre la voûte d'une tour (1).

Dans les exemples précédents, la détermination de l'explosion par le heurt qui l'a précédée n'est pas douteuse, qu'il s'agisse des plus gros globes ou du globe d'Amiens comparable à un œuf. Il est tout à fait vraisemblable qu'il en fut de même :

j) Dans l'épouvantable orage de la nuit du 14 au 15 avril 1918 en Basse-Bretagne, au cours duquel la foudre tomba sur 24 églises ; celle de Couesnon, près de Brest, fut détruite par trois globes de feu de trois pieds et demi de diamètre chacun qui, s'étant réunis, avaient pris rapidement leur route vers l'église, dont ils firent sauter les murailles et le toit (Deslandes) (2).

k) Le 30 décembre 1875, à 19^h,35, dans l'orage au cours duquel un globe violacé, apparemment grand comme la Lune, éclata à Velletri sur la Torre del Trivio, en démolissant presque entièrement la pointe octogonale, construite en briques et haute de 8 mètres, et lançant à 300 mètres de hauteur des morceaux de brique qui allèrent retomber à plus de 300 mètres de la tour (3).

l) C'était en 1871, dans une étroite vallée des Vosges, au pied du Königsburg. La boule de feu était brillante comme du fer en fusion ; elle tomba relativement lentement, car j'eus le temps de compter trois. Ce n'est qu'aux deux tiers du chemin du nuage au sol que la boule se forma, deux fois plus grosse qu'une boule à jouer ordinaire. *Au sortir du nuage, ce n'était qu'un éclair ordinaire tout droit, excessivement rapide*. La boule tomba sur un chêne qui se trouvait au fond du vallon, *et ce n'est qu'en touchant l'arbre que la foudre éclata avec un bruit excessivement retentissant* (4).

1. « Anno 1750, die 10 Martii Hernae terribiliter fulminabat, fulmen sub formis globi equiti in strata viarum lapsum resiliit turris fornacem feriit cum crepitu, et inflammavit » (MUSSCHENBROEK, *Introductio ad Philosophiam naturalem*, t. II, p. 579).

2. F. SESTIER, *loc. cit.*, p. 132.

3. I. GALLI, *Gli effetti meccanici dei fulmini globulari*, §8, p. 21 (Estratto dalle Mem. d. Pont. Acc. Rom. de' Nuovi Lincei, t. 29, 1911-3).

4. C. JOLIVET, *Eclairs en boule* (Cosmos, t. 31, p. 167-168, 1895).

Remarque. — On peut expliquer de deux façons l'explosion de la matière fulminante par heurt direct.

On peut assimiler le choc à celui de deux solides; ce n'est guère satisfaisant, vu que la matière fulminante est un explosif gazeux d'une masse faible, sensiblement égale à celle de l'air qu'elle déplace.

Il semble plus satisfaisant de remarquer que le choc d'un globe fulminant contre un obstacle solide grossièrement plan *aplatit* le globe contre l'obstacle, d'autant plus complètement que le choc est plus violent, c'est-à-dire que la vitesse est plus grande. Il se produit alors, par contact direct de la matière incandescente avec un corps à la température ordinaire, un refroidissement intense d'un nombre énorme de molécules, qui, descendues au-dessous de la température de stabilité sous la pression atmosphérique, explosent toutes à la fois. Si le globe est gros, la température centrale est peu différente de la température superficielle et l'ébranlement d'un nombre immense de molécules superficielles détermine de proche en proche celui des molécules profondes, en faisant exploser le tout dans un temps très court. Si le globe est petit, la température centrale peut être très différente de la température superficielle, les molécules centrales étant en état de stabilité. Alors, les molécules refroidies par le choc explosent *et font rebondir la foudre globulaire sans déterminer son explosion totale*.

On peut expliquer ainsi que, dans l'exemple i), dû à Musschenbroek, le premier choc contre le sol n'ait pas été suffisant pour déterminer l'explosion et ait fait simplement rebondir la foudre sphérique, tandis que le second choc contre la voûte de la tour a été efficace en déterminant l'explosion, le refroidissement superficiel ayant gagné, cette fois, les parties centrales.

Autre remarque. — Si vraiment un choc convenable peut amener à exploser une matière fulminante déjà un peu refroidie et qui commence à se décomposer, il y a un moyen simple de la détruire à distance : *c'est de tirer dessus* avec un revolver, ou, mieux peut-être, avec un fusil de chasse chargé avec de gros plomb.

Considérons, en particulier, le cas des grosses foudres qui, sorties de la mer, viennent fondre sur les vaisseaux et terrifier leurs équipages, comme celles dont il est question plus loin au § 16.

Ces foudres ont au moins cette particularité qu'on les voit venir de loin et qu'elles sont aussitôt signalées par l'*homme de quart*. Si elles se dirigent sur le navire, rien n'empêche, selon leur grosseur, de tirer dessus avec des canons-révolvers ou des mitrailleuses, c'est-à-dire de les traiter comme les trombes dangereuses.

III. L'ÉCLAIR SPHÉRIQUE ASCENDANT.

Lorsqu'un nuage positif influence fortement la terre, il part de ce nuage vers la terre des décharges d'électricité positives qui affectent d'abord la forme de l'éclair fulgurant vertical descendant. Si l'énergie de la décharge est suffisante, cet éclair linéaire se transforme en foudre sphérique. Souvent, des nuages interposés masquent la transformation et, de la portion inférieure ou latérale d'un nuage, sort la foudre globulaire qui, habituellement, en vertu de sa pesanteur plus grande que celle de l'air, se dirige vers la terre.

Exceptionnellement, les nuages orageux sont négatifs, et leur induction sur la terre donne lieu à des décharges d'électricité *positive* partant de la terre pour aller à la rencontre du nuage négatif (1). Ce sont les *éclairs ascendants*. Comme les éclairs descendants, ils affectent le plus généralement la forme de *fusées* verticales ou obliques. Quand la décharge ascendante est d'une grande intensité, la matière fulminante créée ainsi est abondante, et l'on peut assister à la transformation de l'éclair fulgurant linéaire ascendant en foudre globulaire. L'exemple, peut-être le plus remarquable d'une telle transformation, a été vu par Musschenbroek, le 7 août 1741, lequel en a laissé un récit demeuré célèbre et que nous avons reproduit antérieurement (2).

Mais il peut aussi arriver que la transformation de la fusée en globe se fasse dans le sol, en sorte qu'on voit sortir du sol directement, tel un *lycoperdon* incandescent, un globe lumineux petit, ordinairement assez bruyant, qui grossit et qui, à un certain moment, se détache du sol pour s'élever dans les airs et disparaître,

1. G. C. SIMPSON, *On lightning* (Proc. Roy. Soc. A. t. 111, 1926).

2. E. MATHIAS, *La matière fulminante*, § 7, loc. cit., p. 551-552.

à moins qu'il n'éclate à peu de distance de la terre (voy. p. 721).

Bien que nous présentions la question des éclairs ascendants sous une forme logique qui nous est personnelle, nous reconnaissons bien volontiers l'heureuse intuition du prof. Galli, qui dit à propos d'eux, et en passant : « Il semble que ces foudres ascendantse aient ordinairement la forme de fusée ou de globe (¹). »

Nous ne porterons maintenant notre attention que sur les éclairs sphériques ascendants, réservant l'étude des *fusées* pour le moment où nous reviendrons sur les éclairs linéaires, descendants ou ascendants.

15. Foudres ascendantes sorties de la terre. — Voici quelques exemples de foudres globulaires ascendantes observées à Velletri et rapportées par le professeur Galli :

a) Le soir du 31 décembre 1870, il neigeait avec des éclairs et des tonnerres. Vers 17^h, le professeur Tommaso de Stefanis traversait la place Cairli, et, sur la neige qui commençait à couvrir le pavé, il vit naître un petit globe lumineux qui, en crépitant comme un feu de sarments, s'agrandit jusqu'à environ 30 centimètres. Alors, il s'éleva subitement et, au dessus des maisons, courut jusqu'au palais municipal, éloigné de 300 mètres, où il éclata avec un tonnerre épouvantable et, par le fil de fer lié à un marteau de l'horloge, descendit à l'intérieur et troua copieusement un mur de grande épaisseur.

b) Vers midi du 28 juin 1875, un orage très étendu versait une pluie diluvienne (2 bons millimètres par minute). Cinq hommes et une dame s'étaient réfugiés dans une écurie et y avaient mis à l'abri trois chars déjà chargés de vin avec les chevaux attachés. Ils virent se détacher près du seuil un corps lumineux qui fit le tour des chars, se jetant sur les grelots des sonnailles pendant aux manteaux des charretiers ; et après, il sortit par une petite fenêtre avec une grille à grands carrés. La dame et un homme seulement sentirent une certaine fatigue sur la tête, et les chevaux se cabrèrent. Une sonnaille fut coupée en deux ; une autre perdit le son métallique, mais le

1. I. GALLI, *Della protezione offerta*, etc., § 43, p. 56.

réacquit après quelques minutes ; aucune trace de fusion. Un ébéniste vit sortir de la grille un corps allongé, *un bras embrasé*, qui frappa sur le pavé, *rebondit comme une balle élastique*, et disparut avec un éclair éblouissant. Mais il n'était pas éteint, car, par de nombreux signes et par d'autres témoignages, on réussit à savoir qu'il monta le long d'un tube de fer blanc vertical et, *en transperçant le mur avec un petit trou à peine visible*, pénétra dans une salle du premier étage; parcourut un cadre de bois long de 8 mètres et en enleva l'or sur plusieurs espaces, répandit de grandes taches noirâtres sur l'ornement de soie jaune qui couvrait la même paroi, et passa au second étage *par un petit pertuis entre le lambris et le mur*. Là, il emplît de fumée noire très dense une salle..., consuma et défibra une petite partie de la porte, et fondit quelques pointes de la ferrure. Après, la foudre entra dans la cuisine *en forme de verge rougie au feu*, s'arrêta un peu sur le pavé, s'élança contre une dame, tourna plusieurs fois autour de ses jambes en se tordant comme un serpent, la frappa au sommet de l'occiput *et enfin s'enfuit par l'ouverture de la cheminée*. La dame tomba, mais fut aussitôt relevée par son mari qui, plein de terreur, avait tout vu. *Les cheveux étaient devenus secs et rigides* et elle souffrait fortement du cuir chevelu, qui resta endolori pendant une semaine (1).

Cet exemple complexe est du plus haut intérêt en ce qu'il permet de faire des observations très variées sur lesquelles nous reviendrons par la suite. Pour l'instant, nous nous contenterons de rapprocher cette observation de celle de la page 706. Qu'il s'agisse des liens ligneux d'un fagot de bois, ou des cheveux d'une dame, les deux substances contiennent une certaine quantité d'eau de constitution. Le passage de ces substances à travers la matière fulminante incandescente a déterminé instantanément une dessiccation, un commencement de calcination, et rendu cassantes des substances (liens ligneux ou cheveux) naturellement flexibles.

c) Voici maintenant une observation due au physicien Peltier :

Le 2 juin 1840, un violent orage éclata sur Paris, et plusieurs maisons furent foudroyées. Pendant sa durée, plusieurs ouvriers virent, dans le passage Saint-

1. I. GALLI, *Della protezione offerta*, etc..., § 43, loc. cit., p. 54.

Maur, un globe de feu qui parut sur le sol et lança une pierre au loin (*Soc. Philom. de Paris*, 6 juin 1840, *L'Institut*, t. VIII, p. 209) (1).

d) A Presbourg, en février 1767, une foudre de forme conique et de couleur bleue sauta hors d'un brasier de terre cuite et le cassa ; ensuite elle tournoya par la maison, brûla le visage et les mains d'une bembine, et se divisa en renversant ou en fracassant les choses déplaçables et les choses fixes.

e) A Cellere de Castro, en août 1815, un globe lumineux naquit d'un tison presque éteint, monta en tournant sur lui-même par l'ouverture de la cheminée, éclata fortement au-dessus du faite, rompit deux murs voisins et brisa une fenêtre. Ce cas et le précédent ont été récoltés par le professeur Francesco Orioli (2).

f) Pendant l'hiver de 1718, la foudre sortit d'un four de Breslau, la nuit, en présence de nombreux témoins, presque tous indemnes. Ce four était rougi depuis longtemps avec du bois résineux et sec. Quand on en enleva la petite porte, sans bien fermer auparavant les soupîraux de la voûte on vit une agitation du feu et, de la bouche, jaillir furieusement une masse enflammée de forme ronde, *globus ingens*, avec le volume d'un boisseau (8^{dm}, 5), diamètre 25 centimètres, qui, en tournant, répandit une grande quantité de cendres et de suie, brûla la moitié de la barbe à un ouvrier et projeta à quatre brassées un ouvrier chargé de pain. Tous ceux qui dormaient au premier étage de la maison chancelèrent dans leurs lits, mais les autres, au second étage, furent seulement réveillés par un fort bruit, tel que celui d'une bombarde déchargée sous les oreillers. Après avoir vagué par la boutique du boulanger, le globe s'introduisit dans la cheminée surmontant la bouche du fourneau, y cassa quelques briques et, ne pouvant en sortir par-dessus parce que l'ouverture était fermée avec une plaque de fer, il en descendit, enfla la porte et entra dans un autre four éteint et en dissipa toute la cendre ; et, quoiqu'il pût librement fuir par l'ouverture d'une porte qu'il avait déjà renversée, rentra dans la même cheminée, en

1. F. SESTIER, *loc. cit.*, t. I, p. 129.

2. F. ORIOLO, *Opusculi scientifici*, t. II, Bologne, 1818, p. 28, note 5, et p. 27-29 (cité par GALLI).

descendit comme la première fois, glissa par une petite fenêtre à l'intérieur de la petite chambre souterraine, ouvrit dans le mur un trou grand comme la tête d'un homme, remonta à la boutique, arracha entièrement la fenêtre et la lança contre une maison distante de 25 pas, en enfonçant certains morceaux de verre dans le bois de la porte. Finalement, *le globe monta en l'air*, étincela très vivement *et se défit en une pluie d'innombrables étincelles* sur toute la place. La maison du boulanger resta, pendant une demi-heure, toute pleine de fumée, rendant très pénible la respiration (1).

On peut vérifier ici très nettement qu'au commencement, la matière fulminante étant encore très chaude et stable, la foudre globulaire se contente de vaguer sans commettre de méfaits ; plus tard, refroidie, la matière fulminante se décompose de plus en plus vite : elle casse des briques, puis elle ouvre un gros trou dans un mur ; elle arrache entièrement une fenêtre et la lance au loin, la violence de la projection enfonçant des morceaux de verre dans le bois d'une porte. Fortement désélectrisée par tous ces contacts avec des parois ou des murs froids, partageant d'assez près le potentiel du sol, sa pression électrostatique, fort diminuée cependant, retient auprès d'elle les gaz résultant de sa décomposition ; dès lors elle s'élève dans l'air et finalement éclate en un *bouquet d'étincelles*, c'est-à-dire en une pluie de parcelles de noir de fumée incandescentes. On s'explique donc qu'elle remplisse de fumée toute la maison du boulanger.

Une dernière remarque pour terminer. Comment se fait-il que les foudres ascendantes sortent volontiers de tisons enflammés et de matières non métalliques portées au rouge ? Cela tient à ce que, ces substances étant des électrolytes, leur conductibilité pour la chaleur et l'électricité est une fonction croissante de la température, de sorte que, isolantes à la température ordinaire, elles peuvent être très conductrices, à l'inverse des métaux, lorsqu'elles sont portées à l'incandescence.

g) La scène suivante est racontée par l'abbé Spallanzani dans

1. Le récit du prof. GALLI, *Effetti del fulmini globulari sull'uomo, etc...*, § 10, p. 18-19 est extrait d'une brochure en latin de 1718 dans laquelle des médecins de Breslau décrivent le phénomène observé.

une lettre¹ au P. Barletti ; elle s'est passée près de Ginepreto, non loin de Pavie, le 29 avril 1791, pendant un violent orage avec éclairs et tonnerre. A 150 pas d'une ferme, paissait dans un pré un troupeau d'oies ; une jeune fille de douze ans et une autre plus jeune accoururent de la ferme pour faire rentrer les oies. Dans ce même pré, se trouvaient un jeune garçon de neuf à dix ans et un homme qui avait dépassé la cinquantaine. Tout à coup, apparut sur le pré, à 3 ou 4 pieds de la jeune fille, un *globe de feu*, de la grosseur des deux poings, qui, glissant sur le sol, courut rapidement vers ses pieds nus, s'insinua sous ses vêtements, sortit vers le milieu de son corsage, tout en gardant la forme globulaire, et s'élança dans l'air avec bruit. Au moment où le globe de feu pénétra sous les jupons de la jeune fille, ils s'élargirent comme un parapluie qu'on ouvre. Ces détails furent donnés, non par la patiente, qui tomba instantanément à terre, mais par le petit garçon et l'homme mentionnés ; interrogés séparément, ils rapportèrent le fait identiquement de la même manière. « J'avais beau leur demander, dit Spallanzani, si dans ce moment ils avaient vu une flamme, une lumière vive descendre, tomber des nues et se précipiter sur la jeune fille ; ils me répondirent constamment non, mais qu'ils avaient vu le globe de feu aller de bas en haut et non de haut en bas. » On trouva sur le corps de la jeune fille, qui d'ailleurs reprit bientôt connaissance, une érosion superficielle s'étendant du genou droit jusqu'au milieu de la poitrine, entre les seins ; la chemise avait été mise en pièces dans toute la partie correspondante et les traces de brûlure qu'elle présentait disparurent à la lessive. On remarqua un trou de deux lignes qui traversait de part en part la partie du vêtement appelée *pectorine* (pettorino del busto). Le docteur Dagna, médecin du pays, ayant visité la blessée peu d'heures après l'accident, trouva, outre l'érosion déjà signalée, plusieurs stries superficielles, serpentantes et noirâtres, traces des divisions du rameau principal de la foudre. *Le pré, à l'endroit même de l'accident, n'a présenté aucune altération, aucune trace du passage du météore* (1). Cette absence de trace sera expliquée plus tard par un phénomène de caléfaction.

1. F. SESTIER, *loc. cit.*, t. I. Les exemples g), h), i), j) se trouvent p. 119 à 122.

b) Deux observateurs, professeurs de philosophie, virent à Lucques, en juin 1724, un petit *globe de feu* se former à la surface du sol et s'élever rapidement. Bientôt après, ils entendirent le bruit d'une explosion (Bertholon).

i) Le 1^{er} mai 1746, la foudre atteignit l'église d'Osterwahla, en Westmanie. Aussitôt après le coup, la femme du sonneur et sa servante entrèrent dans l'église. Elles y avaient fait à peine cinq ou six pas, qu'elles furent épouvantées par un second coup de tonnerre, et virent *une grosse masse de feu sortir du plancher de l'église* et se diriger sur la porte par laquelle elles venaient d'entrer; toutes deux entendirent un bruit semblable à celui d'un torrent. Au même moment, le vicaire, qui était dans la cour du presbytère, vit un *globe de feu* sortir de la tour de l'église, que le premier coup de foudre avait frappée, et s'évanouir dans l'air (*Collect. académique pol.*, t. XI, p. 16).

Si nous ne nous trompons pas, le globe de feu que le vicaire vit, de la cour du presbytère, sortir de la tour de l'église résulte de la transformation de l'éclair fulgurant qui le premier avait frappé la tour; dès lors, cette curieuse observation montre le cas, rare, d'un éclair descendant (transformé en globe) et presque immédiatement après d'un éclair ascendant né du plancher de la même église!

j) Au milieu d'une horrible tempête, le docteur Gardino vit plusieurs *globes de feu* voltiger de tous côtés à une petite distance du sol en faisant entendre un bruit de crépitation. Ces foudres, *sorties de terre*, ajoute-t-il, tuèrent des animaux, endommagèrent des arbres et des maisons; *un homme fut tué dans son lit*. Au dire de plusieurs témoins, l'une de ces foudres ascendantes *sortit d'une excavation remplie d'eau croupissante*, sous la forme d'un *globe rond*, d'un pied de diamètre, qui, *après avoir glissé sur le sol humecté par l'eau putride*, s'éleva le long du mur d'une maison et détona violemment au niveau du toit. Le docteur Gardino put constater lui-même le trajet du météore sur la surface du mur, et vit une des tuiles du toit *percée d'un trou rond* d'un pouce de diamètre.

En sortant de l'excavation remplie d'eau putride, le potentiel positif local, partagé par le globe, était le plus élevé possible; en glissant sur le sol humecté, et par suite en s'éloignant de l'excava-

tion originelle, le potentiel positif s'abaissait progressivement, en même temps que la température superficielle s'abaissait, provoquant un commencement de décomposition de la matière fulminante. La pression électrostatique s'opposant au départ des gaz, le volume du globe a augmenté. Sa densité, diminuant, est devenue inférieure à celle de l'air déplacé, et il s'est élevé alors qu'il était contre le mur dont il est question plus haut. Mais ce long contact avec un mur a refroidi considérablement la matière fulminante, en sorte qu'elle a détoné au niveau du toit.

Quant au trou rond percé dans l'une des tuiles du toit, nous retrouverons par la suite un certain nombre de fois ce phénomène, qui prouve que la décomposition de la matière fulminante s'est faite normalement à la surface de la tuile et avec une très grande vitesse de propagation.

k) Voici maintenant un cas, extrêmement curieux, d'éclair ascendant, minuscule et multiple, parfaitement inoffensif d'ailleurs :

M. Lohier fils, Avocat au Parlement de Bretagne, a écrit à M. de Réaumur, que le 14 septembre (1746) vers 7 heures 1/2 du soir, étant à Rennes avec deux de ses amis, dans un cabinet fait et couvert de planches peintes en vert, il aperçut subitement sur la partie de sa robe de chambre qui répondait à la poitrine, trente ou trente-cinq corpuscules lumineux, ayant l'éclat vif et blanc de l'éclair, avec une nuance très légère de rouge ; ces corpuscules étaient pour la plupart globuleux, les plus petits de la grosseur d'un pois, et les plus gros de celle du bout du petit doigt. On voyait parmi ces globules six à sept corpuscules qui paraissaient cylindriques, de la longueur d'environ un pouce ou un pouce et demi, et de l'épaisseur de deux lignes ; ces corps longs paraissaient descendre vers le bas de la robe de chambre, par un mouvement semblable à la démarche non accélérée d'un ver, et celui qui fit le plus de chemin parcourut environ 15 à 18 lignes ; à l'égard des globules, ils ne paraissaient avoir aucun mouvement de translation. M. Lohier crut seulement y en remarquer un de rotation. A la lueur de ces corps lumineux, on pouvait lire aisément de l'écriture et distinguer les deux couleurs de la robe de chambre. Un des deux assistants crut que ces corps lumineux étaient des vers luisants, et voulut en enlever un en glissant dessous une feuille de papier ; mais il fut fort surpris de voir que le papier couvrait le prétendu ver, et lui ôtait toute l'apparence d'épaisseur qu'on avait cru lui remarquer, et qu'il reprit en ôtant le papier ; une seule de ces lignes lumineuses se sépara en la touchant avec le papier, et forma 3 ou 4 globules ; une autre s'écoula d'elle-même, aussi en se séparant en globules ; on avait beaucoup de peine à éteindre ces petits corps lumineux, quelques-uns ne le furent qu'après avoir été frottés et pincés plusieurs fois ; ils ne durèrent cependant pas bien longtemps, au bout de cinq à six minutes, ils s'étaient tous éteints d'eux-mêmes, et successivement. Les deux côtés de la poitrine parurent éclairés en même temps ; il parut plus de globes du côté gauche, mais ceux du côté droit furent plus vifs et durèrent plus

longtemps : on en remarque quatre ou cinq, et quelques lignes lumineuses sur l'épaule droite, et aucun sur tout le reste du corps. Environ une demi-minute après l'extinction de ce phénomène, il tomba une pluie assez forte, mais de peu de durée ; deux heures auparavant il en était tombé à peu près une pareille, et le temps en général était obscur et disposé à la pluie (1).

Nous utiliserons dans un autre mémoire la remarquable lettre de M. Lohier fils à Réaumur. Contentons-nous, pour l'instant, de remarquer la transformation d'un de ces cylindres lumineux en plusieurs corpuscules sphériques après avoir été simplement touché avec du papier très mince, et aussi le fait qu'un autre cylindre lumineux, aplati par la pression du papier, reprit sa forme primitive aussitôt que la force déformatrice du papier eut été supprimée ; ces phénomènes évidents d'élasticité sont liés à la tension superficielle de la matière fulminante de ce que M. Lohier fils appelle les *lignes lumineuses*.

Nous ne pouvons nous empêcher de faire deux rapprochements.

Dans le superbe éclair en chapelet si bien observé à Leyde, le 8 juillet 1927 entre 1^h et 2^h du matin, par le prof. W. de Heas, les grains du chapelet étaient des sphères de 80 centimètres de diamètre qui détonaient au bout de moins d'une seconde (2). Ici, au contraire, des corpuscules d'environ 5 millimètres de diamètre durent de 5 à 6 minutes et disparaissent par simple évaporation. Nous avons montré que la raison de cette différence de durée est dans l'hétérogénéité de la matière fulminante des grosses sphères de l'éclair en chapelet de Leyde, comparée à l'homogénéité des corpuscules à peu près immobiles de Rennes, qui se refroidissent uniquement par évaporation parce que la stratification des surfaces sphériques, isothermes et concentriques dont elles sont formées est parfaite, n'étant troublée par aucune hétérogénéité thermique.

Un second rapprochement peut être fait entre les mêmes corpuscules et le globe vu par M. Edouard Collomb (voy. p. 701), qui a duré six minutes environ, et qui a mis ce temps très long pour descendre en suivant l'écorce d'un peuplier. Ici, l'immobilité n'était pas absolue, mais le mouvement était très lent. D'autre part, le

1. *Histoire de l'Académie royale des Sciences*, année 1746, p. 23.

2. E. MATHIAS, *La foudre* (*Ann. des P.T.T.*, 1927), p. 1003.

globe était isolé sur les aspérités de l'écorce du peuplier, comme les corpuscules de Rennes étaient isolés à l'extrémité des poils de la robe de chambre de M. Lohier fils. C'est cet isolement et cette faible mobilité qui paraissent avoir joué le rôle principal, en réduisant le refroidissement à un minimum très accentué, qu'aucune décharge partielle n'est venue troubler, tandis qu'en plus de leurs hétérogénéités theramiques les globes des éclairs en chapelet sont en mouvement rapide, producteur d'un refroidissement considérable, qui hâte également la décomposition de la matière fulminante.

Remarque. — Aux observations de globes ascendants partis du sol qui viennent d'être énumérées, il faut ajouter celles qui ont été déjà faites, chemin faisant, à l'occasion des phénomènes autres que celui des foudres ascendantes, savoir :

1° l'éclair ascendant en chapelet photographié par M. Jennings, de Philadelphie (*La foudre, loc. cit.*, p. 1005) ;

2° l'éclair ascendant de Musschenbroek, Leyde, 7 août 1741 (*La matière fulminante, loc. cit.*, p. 551-552) ;

3° le globe de Noisy-le-Sec, 7 mai 1889 (voy. p. 689) ;

4° les globes de Grenoble, 2 octobre 1895 (voy. p. 702) ;

5° la foudre de l'église St-Michel de Dijon, 2 juillet 1750 (voy. p. 704) ;

6° le globe du château de Fosdinovo, 10 septembre 1713 (voy. p. 708) ;

7° le globe de Bologne, 21 juillet 1745 (voy. p. 711).

16. Foudres ascendantes sorties de la mer. — Dans ce qui précède, nous avons passé en revue les foudres ascendantes irrégulières ou globulaires *sorties de terre*, c'est-à-dire du sol, ou de l'eau qui recouvre des excavations, ou de parties liées intimement au sol comme le pavé de pièces ouvertes à l'air du dehors ou même complètement fermées comme le four rouge d'un boulanger, un brasero allumé, ou la tige de fer qui, au faite d'une maison, soutient, par l'intermédiaire d'isolateurs de verre vert ou de porcelaine, des fils télégraphiques ou téléphoniques. Tout cela constitue, pour la foudre, *la terre*.

Sous ce rapport, il n'y a aucune différence, au point de vue

électrique, entre le sol ferme, l'eau douce qui recouvre ses excavations, et l'eau salée des océans et des mers. Ce qui suit va nous montrer des exemples de foudres ascendantes *sorties de la mer*.

a) Le 18 juin 1845, à 9^h30 du soir, le brick *Victoria*, allant de Newcastle à Malte, subit de fortes rafales de vent. Pendant qu'on carguait les voiles hautes, le calme revint, et l'on sentit une chaleur insupportable et une odeur pénétrante de soufre. Au même moment, trois corps lumineux sortaient de la mer à un demi-mille environ du navire et restèrent visibles pendant dix minutes (PAUWEL, *Catal. des obs. des météor. lumin.* du 7 sept. 1833 à juillet 1848) (1).

b) Voici maintenant le cas d'un très gros globe qui, sur l'Atlantique septentrional, marchait contre le vent :

Le 12 novembre 1887, à minuit, près du cap Race, une énorme boule de feu apparut, s'élevant lentement de la mer jusqu'à la hauteur de 16^m à 17^m. Cette boule se mit à marcher contre le vent et vint s'arrêter près du navire d'où on l'observait. Puis elle s'élança vers le Sud-Est et disparut. L'apparition avait duré 5 minutes (2).

La marche à l'encontre du vent d'une foudre globulaire reposant sur la surface de la mer s'explique aisément. Pour plus de

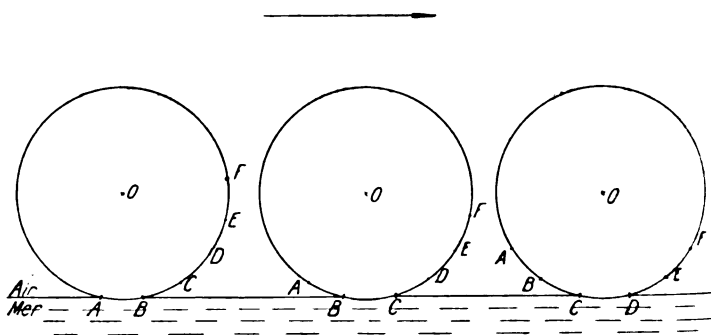


Fig. 3.

simplicité, nous supposerons le globe cylindrique, l'axe perpendiculaire au plan de la figure ; il nous suffira d'étudier la marche d'une section droite (fig 3). Soient 1, 2, 3 trois positions consécutives de

1. F. SESTIER, *loc. cit.*, t. I, p. 366.

2. *L'Astronomie*, 1888, p. 76.

la section droite, convenablement séparées pour plus de clarté, le mouvement commencé se faisant de gauche à droite, par exemple, La section droite repose sur la surface de la mer par un petit arc AB, tel que les poids de l'air et de l'eau déplacés forment un total égal au poids de la matière fulminante. Le contact de l'eau de la mer avec la zone de section AB, malgré la caléfaction qui, par l'intermédiaire d'une petite couche de vapeur isolante, sépare la matière incandescente de l'eau salée, refroidit beaucoup les molécules superficielles de AB, lesquelles se décomposent aussitôt. Imaginons les arcs BC, CD, DE, etc... égaux entre eux et à AB ; dans la position 2, les molécules refroidies de la zone AB exercent une pression contre l'air, qui réagit en sens contraire ; la composante horizontale du mouvement seule nous intéresse. Dans la position 2, les molécules de la zone BC se refroidissent à leur tour, et, lorsque la section droite est dans la position 3, la poussée contre l'air des molécules qui explosent suivant les arcs AB, BC entretient le mouvement commencé, etc. Il est bien évident que ce mouvement, indépendant du vent, peut être déterminé par une dépense d'énergie telle que le globe se déplace à l'encontre du vent.

Le déplacement d'une foudre globulaire roulant le long d'un mur à l'encontre de la pesanteur s'expliquerait par le même mécanisme.

17. Remarque historique. — Le prof. Galli (*), qui a recherché dans les écrivains anciens tout ce qui a trait à leurs connaissances sur la foudre, constate que les Etrusques et les Chaldéens avaient fait la distinction des foudres descendantes de l'air et des foudres ascendantes, qu'ils séparaient avec soin en *foudres de la terre* et en *foudres de l'eau* (**), dont ils tiraient des présages différents.

Or, déjà Pline ne croyait plus aux foudres ascendantes et était persuadé que les anciens observateurs s'étaient trompés en les notant. L'erreur de Pline et de ses contemporains a duré jusqu'à

1. I. GALLI, *Della protezione offerla*, etc., § 41 et 42, p. 49-51.

2. FRANÇOIS LENORMENT, *La divination et la science des présages chez les Chaldéens*, Paris, 1875, p. 67.

l'observation par Scipion Maffei, dans le château de Fosdinovo, de l'éclair ascendant partiellement azuré du 10 septembre 1713. Pendant l'intervalle, les observations ne font jamais mention du point de départ des foudres ; à partir de l'observation de Fosdinovo, on distingua les foudres descendantes et les foudres ascendantes, malgré les efforts de Maffei qui croyait, à l'inverse de Pline et de ses successeurs, qu'il n'y avait que des éclairs ascendants et jamais d'éclairs descendants !

IV. LA PRESSION ÉLECTROSTATIQUE.

18. Pression électrostatique d'une foudre sphérique. —

Soient : R le rayon de la foudre en centimètres, V son potentiel en volts, σ sa densité électrique superficielle en U.E.S. ; sa pression électrostatique normale en dynes par centimètre carré est :

$$p = 2\pi\sigma^2.$$

Exprimons la charge q de la sphère en U.E.S. de deux façons différentes ; il vient, en se rappelant que le volt est $\frac{1}{300}$ de l'unité U.E.S. de différence de potentiel :

$$q = R \frac{V}{300} = 4\pi R^2 \sigma,$$

d'où l'on tire :

$$\sigma = \frac{1}{4\pi \cdot 300} \frac{V}{R} = \frac{1}{1200\pi} \frac{V}{R},$$

$$p = 2\pi\sigma^2 = 2\pi \frac{1}{144 \cdot 10^4 \cdot \pi^2} \cdot \frac{V^2}{R^2} = \frac{1}{72 \cdot \pi \cdot 10^4} \cdot \frac{V^2}{R^2} \text{ dynes par cmq.}$$

Or, en nombres ronds, 1 atmosphère = 10^6 dynes par centimètre carré, à $\frac{13}{1000}$ près. On a donc, très sensiblement :

$$p = \frac{1}{72 \cdot \pi} \cdot \frac{1}{10^{10}} \cdot \frac{V^2}{R^2} \text{ atmosphères.}$$

On voit que la pression électrostatique est proportionnelle au carré du rapport $\frac{V}{R}$ et que, sauf les cas exceptionnels où $\frac{V}{R}$ a une valeur très élevée, cette quantité est toujours une fraction très petite d'atmosphère, et l'on s'explique pourquoi le *vêtement collant*

s'observe si rarement. Elle n'en joue pas moins un rôle très considérable dans la nature, moins comme pression proprement dite que comme constituant une sorte d'enveloppe électrique emprisonnant les particules gazeuses de la matière fulminante, intacte ou décomposée, et les empêchant de s'échapper.

Considérons, en particulier, les valeurs excessives du rayon R envisagées au § 13 et qui s'expliquent aisément s'il s'agit de foudres sphériques dont la substance est décomposée en ses éléments, ceux-ci étant maintenus en place sous la forme sphérique par une pression électrostatique juste suffisante. Pendant la décomposition, q restant constant (1), R augmente ; donc σ diminue, ainsi que V ; donc $\frac{V}{R}$ diminue pour deux raisons : V décroissant et R croissant ; et $\left(\frac{V}{R}\right)^2$ diminue encore plus vite. Par suite, la pression électrostatique de ces gros globes est extrêmement faible. On comprend pourquoi, après être montés suffisamment haut, ils disparaissent à un certain moment presque subitement, ce qui est bien conforme à l'observation.

Le cas des globes de très petit diamètre n'est évidemment pas très intéressant, même si le potentiel est élevé.

Le seul cas intéressant à envisager est celui des globes de rayon moyen (5 à 20 centimètres), pour lesquels le potentiel peut prendre des valeurs très élevées. Ainsi un globe de 5 centimètres de rayon, pour lequel on a : $V = 100.000$ volts, est un globe très dangereux. Son contact est mortel ; sa pression électrostatique est :

$$p = \frac{1}{72\pi} \frac{1}{10^{10}} \left(\frac{100.000}{5} \right)^2 = \frac{1}{72\pi} \frac{1}{10^{10}} 4.10^8 = \frac{1}{5.500} \text{ d'atmosph.}$$

La pression électrostatique est d'environ 2 millimètres d'eau : elle est plus faible que la pression du gaz d'éclairage d'une ville à la fin de la consommation ; elle est néanmoins plus que suffisante pour maintenir le gaz dans ses conduites et c'est cela qui nous importe.

1. En réalité, la charge superficielle q , baignant dans un air de plus en plus ionisé parce que la sphère monte et que la pression décroît, diminue constamment.

19. Phénomènes attribuables à la pression électrostatique des foudres globulaires. — Pour mettre ces phénomènes en évidence, nous passerons en revue différents cas observés et nous discuterons chacun d'eux.

a)

Au rapport de M. Fournet, le 6 janvier 1850, le froid était très vif. Le ciel était chargé aux environs de Meulan lorsque, de ce côté, à la sortie d'Ecquevilly, et vers 6^h du soir, un globe de feu tomba sur deux hommes qu'il enveloppa d'une lueur bleuâtre sans manifester aucune odeur, sans attaquer leurs vêtements, mais en leur faisant ressentir simultanément une commotion analogue à celle qu'aurait produite une machine électrique. Le choc les mit dans l'impossibilité de pouvoir parler pendant au moins une minute et, quand ils voulurent marcher, ils se trouvèrent comme perclus pendant l'intervalle d'une autre minute. Au moment de la chute, tous les objets environnants étaient éclairés par cette lumière bleuâtre mais le météore, reprenant son mouvement, s'éleva lentement dans les airs et disparut derrière une grange voisine de la route. Le phénomène fut d'ailleurs aperçu de Meulan, bien que cette ville soit éloignée d'environ 4 kilomètres du point de son apparition (1).

Le globe, en se déchargeant sur les deux hommes, a perdu une bonne partie de sa pression électrostatique ; son volume a augmenté, non pas seulement parce que sa pression extérieure totale a diminué, mais aussi parce qu'une partie de sa substance décomposée, retenue par la pression électrostatique, a augmenté son volume ; pour les deux raisons sa densité diminuant, en vertu du principe d'Archimède il s'est élevé dans l'air. La lenteur de cette élévation montre que la force ascensionnelle était très faible, ce qui est bien d'accord avec ce qui précède.

Les flammes bleuâtres indiquent qu'il y avait des traces de soufre dans la matière fulminante ; l'odeur devait être très faible à cause de cela. Si elle n'a pas été perçue, cela tient peut-être à ce que la décharge électrique, en privant les deux victimes de sentiment pendant une minute, ne leur a pas permis d'observer cette faible odeur, le globe, *demeuré constamment au-dessus d'eux*, s'étant élevé sitôt après avoir lancé sa décharge électrique.

b)

Le second fait arriva dans une maison de Castelvetro, vers 16^h45, le 9 septembre 1877... Dans la cuisine du second étage, trois enfants de 6 à 12 ans étaient près du foyer ; la mère non loin de là. Un éclair éblouissant flamboya

1. F. SESTIER, *loc. cit.*, t I, p. 128.

et, sur la tête des enfants tomba la moitié inférieure de la solive qui servait d'architrave au manteau de la cheminée. Au même moment apparut au milieu de la cuisine un *globe noir*, comme de fumée très dense, grand de 25 à 30^{cm}, lequel explosa en étincelant sur le visage de la femme sans lui faire de mal, et après s'enfuit par la porte ouverte (1).

Le globe noir était très fortement électrisé (2), donc comprimé, ce qui explique pourquoi il est tombé du ciel (par la cheminée). Sous l'influence d'hétérogénéités thermiques, il donne une décharge partielle au visage de la mère des enfants, heureusement sans l'atteindre. Cette décharge, comme aussi celle qui a détruit à moitié la solive, a dû diminuer fortement son potentiel, donc sa pression électrostatique. La partie de matière fulminante décomposée captée par la pression électrostatique restante a diminué la densité sensiblement. En sorte que le globe, au lieu d'être, comme lors de son arrivée, *plus lourd que l'air*, est maintenant *plus léger que l'air* ; aussi le globe s'enfuit-il en s'élevant par la porte ouverte.

c) Voici maintenant un cas beaucoup plus complexe et qui nous intéressera vivement par la suite :

Dans l'après-midi du 5 mai 1861, à Vegesack, près de Brême, le ciel était couvert seulement en partie et il n'avait pas plu. Cependant, à 3^h45 de l'après-midi, *un globe de feu alla sur le paratonnerre de la cheminée*, très haute, dans une grande fabrique industrielle composée de plusieurs édifices, avec chaudières, machines et beaucoup de matériel de fer. *En descendant par le conducteur, il le coupa à environ 5 mètres de terre et se divisa en deux globes*. L'un d'eux traversa la fabrique, se dirigea vers une machine perforatrice extérieure, tua un ouvrier, étendit par terre ou paralysa les autres. Après, il entra dans une maison, fit de petits trous dans les murs et dans l'entablement du vestibule, enleva le revêtement aux fils des sonneries électriques en laissant intact le métal, fendit un mur et *s'enfuit par le tuyau de la cheminée*. L'autre globe entra dans la grande salle des chaudières, passa sous l'une d'elles en en répandant le feu, et étourdit le chauffeur ; ensuite, allongé en forme de serpent, comme dans les autres cas, il passa par la loge du portier, tra-

1. I. GALLI, *Della protezione offerta*, etc., § 32, p. 38-39.

2. E. MATHIAS, *La matière fulminante*, § 22, loc. cit., p. 586.

versa rapidement une cour longue de 100 mètres, dans laquelle gisait une grande quantité de fer, tourna autour des autres édifices de la fabrique, et finalement s'éteignit. Les témoins furent nombreux (1).

La matière fulminante, salie par le fer du conducteur du paratonnerre de la cheminée de l'usine, *voit sa tension superficielle diminuer* (hypothèse qui servira à expliquer plusieurs phénomènes), et le globe primitif A se partage en deux autres : A' et A''.

A' traverse toute la fabrique, tue un ouvrier parce que son potentiel est encore très élevé, étourdit ou paralyse les autres parce que, son potentiel ayant baissé, n'est plus suffisant pour les électrocuter. Après, sa matière fulminante s'étant refroidie, il explose plus facilement, et il commet toute une série de dégâts matériels : il fait de petits trous dans les murs, dénude le fil des sonneries électriques, fend un mur ; mais, étant devenu plus léger parce que sa pression électrostatique résiduelle retient une partie de sa substance décomposée, il s'enfuit par un tuyau de cheminée parce qu'il est maintenant plus léger que l'air qu'il déplace et que le tirage de la cheminée facilite son déplacement de bas en haut.

Le second globe A'', en farfouillant dans le charbon incandescent du foyer d'une chaudière, c'est-à-dire d'une masse métallique encastrée dans le sol et qui partage son potentiel, s'est fortement déchargé au point de vue électrique et a souillé sa matière fulminante de toutes les impuretés des charbons ; aussi n'a-t-il pu qu'étourdir le chauffeur, et, sa tension superficielle diminuée ne pouvant plus maintenir sa forme sphérique, il s'est allongé en forme de serpent et a achevé de se décharger en circulant partout. Finalement, il s'est éteint sans bruit, prouvant ainsi que sa décharge était complète.

d) Duperrey est l'auteur de la relation suivante !

Etant dans le détroit d'Ombay (Archipel de la Sonde), en novembre 1818, nous vîmes, un soir, un *petit nuage blanc* qui lançait sa foudre de tous les côtés. Il montait avec lenteur malgré la force du vent, et se trouvait à une grande dis-

1. FRIEDRICH SAUTER, *Ueber Kugelblitze* (Meteor. Zeitsch., t. 30, juillet 1895, p. 243-244).

tance de tous les autres nuages qui paraissaient comme fixés à l'horizon. *Ce nuage était d'une forme arrondie et pouvait occuper en surface une étendue égale à la surface apparente du Soleil* ⁽¹⁾.

Le nuage monte *en vertu du principe d'Archimède* parce qu'en se déchargeant, sa pression électrostatique diminuant, son volume augmente et sa densité diminue.

20. Les foudres sphériques qui prennent naissance dans l'air, à une altitude assez faible voisine de 1 à 2 hectomètres, commencent par tomber. — C'est un fait d'observation. La matière fulminante, qui est gazeuse, provenant d'une décharge linéaire dans laquelle l'électricité atmosphérique passe du potentiel V au potentiel $V' < V$, lorsqu'elle a pris la forme sphérique, a à ce moment une surface extérieure de l'ordre du centième de celle du *reste d'éclair* initial ⁽²⁾, par suite, en négligeant les pertes de potentiel provenant de ce que le reste d'éclair baigne dans un air ionisé et conducteur qui tend à le décharger, le potentiel de l'éclair sphérique est, au commencement, de l'ordre de $100 V'$. Selon la valeur de V' , ce potentiel peut être très élevé, moyen, ou presque nul. Quand il est presque nul, la matière fulminante n'explose pas : elle fuse ; on sait que c'est un cas relativement exceptionnel.

Le potentiel de l'éclair sphérique, par la pression électrostatique qu'il détermine, augmente la compression de la matière fulminante ; mais nous avons vu que c'est là un phénomène petit.

En descendant dans l'air, de moins en moins ionisé mais de plus en plus dense bien que de plus en plus chaud, l'éclair sphérique perd une petite partie de sa charge électrique, ce qui n'a guère d'effet sur son volume ; le réchauffement superficiel qu'il subit est faible parce que les gaz résultant de la décomposition de la matière fulminante, pure ou impure, isolent celle-ci de l'extérieur.

Les deux premières causes, petites, tendraient à augmenter un peu le volume de la foudre, donc celui de l'air déplacé ; comme celui-ci est de plus en plus dense à mesure que l'altitude diminue,

1. E. MATHIAS. *La matière fulminante* (Ann. des P. T. T., 1928), § 21, p. 584.

2. E. MATHIAS, *La foudre*, etc..., p. 18.

on voit que *toutes les causes agissantes tendent à diminuer la vitesse de la chute*. La foudre sphérique doit donc tomber de plus en plus lentement en approchant de la surface du sol ; c'est ce que l'on observe généralement ; c'est ce qu'a vu, en particulier, M. Jean Koechlin, le 21 mai 1924 (1). Très souvent, l'observation montre que l'éclair sphérique descendant s'arrête à quelques mètres de la surface de la terre ; c'est aussi ce que dit W. Thornton (v. p. 683).

Dans le cas que nous considérons, la foudre sphérique, vaguant près de la surface du sol, finit par se refroidir par rayonnement, ou par contact avec des corps plus froids, en même temps qu'elle perd lentement sa charge superficielle dans l'air. Se décomposant lentement, sa substance retenue par la pression électrostatique augmente de volume. Dès lors, en vertu du principe d'Archimède, *la foudre doit remonter après avoir commencé par descendre*.

Un autre cas peut se présenter, qui est le suivant. La chute de la foudre sphérique a lieu à l'époque de la canicule, au moment où l'air est brûlant et humide, la pression atmosphérique étant assez faible pour que les nuages orageux rasant le toit des maisons (comme cela se voit p. 712, exemple d). Alors, il arrive que le poids de l'air déplacé par la foudre sphérique est toujours plus petit que celui de la foudre, en sorte que *la foudre sphérique tombe sur le sol et roule à sa surface, à moins qu'elle ne rebondisse*.

Nous examinerons ces différents cas. Mais, auparavant, nous allons traiter le cas de la foudre sphérique ascendante.

21. La foudre sphérique ascendante commence par s'élever dans l'air. — Considérons l'éclair sphérique ascendant au moment où il se détache du sol (voy. p. 716). La matière fulminante *pure* étant toujours identique à elle-même, toutes choses égales d'ailleurs (*), a une densité de l'ordre de grandeur de celle de l'air peu de mètres au-dessus de la surface du sol, puisque, à l'état d'équilibre, elle flotte habituellement dans un tel air.

Il en est ainsi pour une matière fulminante assez fortement

1. E. MATHIAS, *La foudre, etc...* (Ann. des P. T. T., novembre 1927).

2. E. MATHIAS, *La matière fulminante*, § 6, p. 549.

refroidie, comme l'est celle d'une foudre sphérique descendante qui s'est refroidie dans l'air, depuis l'éclair fulgurant initial, pendant un nombre de secondes qui peut être élevé.

Mais une foudre sphérique ascendante, qui sort de terre en quelques secondes comme un champignon lumineux, n'a guère le temps de se refroidir, ayant dès l'origine une forme plus ou moins sphérique, c'est-à-dire telle que la surface de l'unité de volume est la plus petite possible. Lors donc que la foudre sphérique ascendante se détache du sol, la matière fulminante est à une température notablement plus élevée que celle d'une foudre descendante de même rayon et de même pression électrostatique. La foudre ascendante a donc une densité nettement plus faible que la foudre descendante ; comme l'air déplacé est plus lourd, la foudre ascendante monte dans l'air.

On aurait pu remarquer aussi que le potentiel électrique d'une foudre ascendante qui se détache du sol, bien qu'il soit dans un certain nombre de cas capable d'électrocuter l'homme, est le plus souvent moindre que celui d'une foudre sphérique qui commence à descendre. La pression électrostatique *initiale* de la foudre ascendante est nettement moindre que celle de la foudre qui commence à descendre. C'est une raison de plus pour diminuer la densité de la matière fulminante de la foudre ascendante. En montant, la température superficielle baisse lentement, en même temps que le charge électrique superficielle se perd peu à peu dans l'air de plus en plus léger et de plus en plus ionisé. Ici, les deux causes agissantes : refroidissement et disparition progressive de la charge agissent en sens contraire. Admettons qu'au commencement, tout au moins, elles se neutralisent sensiblement. Alors, si l'on admet que la matière fulminante obéit comme l'air sensiblement à la loi de Mariotte, il en résulte que *la force ascensionnelle d'une foudre sphérique ascendante détachée du sol est sensiblement constante.*

Elle doit donc s'élever de plus en plus dans l'air, son rayon augmentant au fur et à mesure et sa charge superficielle se perdant de plus en plus. La température baissant par suite de la détente progressive, *le principe du déplacement de l'équilibre exige une réaction exothermique, qui consiste dans la décomposition progres-*

sive de la matière fulminante. Cela conduit, lorsque le globe initial est de grand rayon et la décomposition complète, à des globes de dimensions énormes qui, à un certain moment, se dissipent sans bruit dans l'atmosphère.

Nous allons maintenant confronter ces explications avec des exemples considérés jusqu'ici comme inexplicables.

22. Foudres globulaires qui, après être descendues du ciel, remontent. — a)

L'objet de cette Note est de mettre sous les yeux de l'Académie des cas de foudre globulaire que l'Académie m'avait chargé de constater il y a quelques années (le 2 juin 1843), et qui avait frappé non en arrivant mais en se retirant, pour ainsi dire, une maison située rue Saint-Jacques, dans le voisinage du Val-de-Grâce. Voici, en peu de mots, le récit de l'ouvrier dans la chambre duquel le tonnerre en boule *descendit pour remonter ensuite*. Après un assez fort coup de tonnerre, mais non immédiatement après, cet ouvrier dont la profession est celle de tailleur, étant assis à côté de sa table et finissant de prendre son repas, vit tout à coup le chassis garni de papier qui fermait la cheminée s'abattre comme renversé par un coup de vent assez modéré, et un globe de feu gros comme la tête d'un enfant sortir tout doucement de la cheminée et se promener lentement par la chambre, à peu de distance des briques du pavé. L'aspect du globe de feu était encore, suivant l'ouvrier tailleur, celui d'un jeune chat de grosseur moyenne pelotonné sur lui-même et se mouvant sans être porté par ses pattes. Le globe de feu était plutôt brillant et lumineux qu'il ne semblait chaud et enflammé, *et l'ouvrier n'eut aucune sensation de chaleur*. Ce globe s'approcha de ses pieds comme un jeune chat qui veut jouer et se frotter aux jambes, suivant l'habitude de ces animaux ; mais l'ouvrier écarta les pieds, et par plusieurs mouvements de précaution, mais tous exécutés, suivant lui, très doucement, il évita le contact du météore. Celui-ci paraît être resté plusieurs secondes autour des pieds de l'ouvrier assis qui l'examinait attentivement, penché en avant et au-dessus. Après avoir essayé quelques excursions en divers sens sans cependant quitter le milieu de la chambre, le globe de feu s'éleva verticalement à la hauteur de la tête de l'ouvrier, qui, pour éviter d'être touché au visage, et en même temps pour suivre des yeux le météore, se redressa en se renversant sur sa chaise. Arrivé à la hauteur d'environ un mètre au-dessus du pavé, le globe de feu *s'allongea un peu* et se dirigea obliquement vers un trou percé dans la cheminée environ à un mètre au-dessus de la tablette supérieure de cette cheminée.

Ce trou avait été fait pour laisser passer le tuyau du poêle qui, pendant l'hiver, avait servi à l'ouvrier. Mais, suivant l'expression de ce dernier, *le tonnerre ne pouvait pas le voir*, car il avait été fermé par du papier qui avait été collé dessus. *Le globe de feu alla droit à ce trou, en décolla le papier sans l'endommager, et remonta dans la cheminée* ; alors, suivant le dire du témoin, après avoir pris le temps de remonter le long de la cheminée, du train dont il allait, c'est-à-dire assez lentement, le globe, arrivé au bout de la cheminée, qui était au moins à 20 mètres au-dessus du sol de la cour, produisit une explosion épouvantable, qui détruisit une partie du faite de la cheminée et en projeta les débris dans la cour : les toitures de plusieurs petites constructions furent enfoncées, mais il n'y eut

heureusement aucun accident. Le logement du tailleur était au troisième étage, et n'était pas à la moitié de la hauteur de la maison ; les étages inférieurs ne furent pas visités par la foudre, et les mouvements du globe lumineux furent toujours lents et non saccadés. *Son éclat n'était point éblouissant et il ne répandait aucune chaleur sensible. Ce globe ne parait pas avoir eu la tendance à suivre les corps conducteurs et à céder aux courants d'air* (1).

La foudre sphérique tomba par la cheminée parce que, pour une foudre qui descend du ciel, c'est la seule porte d'entrée *toujours ouverte* quand les fenêtres et les portes des appartements sont fermées. En faisant toute une série de tours dans le logement du tailleur à peu de distance du pavé, sa substance s'est un peu décomposée par refroidissement ; les gaz produits étant retenus par la pression électrostatique, le volume du globe a légèrement augmenté ; il a pris une petite force ascensionnelle, qui l'a fait monter verticalement à la hauteur de la tête de l'ouvrier assis.

Un coup de vent horizontal rasant l'ouverture supérieure de la cheminée a fait office de trompe ; par les petites fissures, les petits trous du papier collé sur le trou de la cheminée, l'aspiration produite dans celle-ci s'est transmise à l'air du logement, déterminant l'ascension oblique du globe : *le papier recouvrant le trou, soumis à la vapeur d'eau entourant le globe, s'est décollé* (2), et le globe, suivant le courant d'air, s'est évadé par la cheminée.

Quand l'ouvrier dit que le globe *ne pouvait pas voir le trou de la cheminée* parce qu'il était bouché par un papier collé dessus, il oublie que les courants d'air faibles ne sont pas visibles et que les corps légers flottant dans l'air obéissent à ces courants d'air ; or il y avait bien courant d'air puisque le globe *s'allongea un peu*. A cause de cette réalité, il est assez étrange de voir Babinet imaginer que le globe de feu, corps flottant dans l'air, *ne paraissait pas avoir de tendance à céder aux courants d'air* ; c'est oublier que la matière est inerte et qu'elle n'a pas le pouvoir de résister aux forces, même faibles, qui peuvent agir sur elle ; c'est imaginer que la matière a des caprices, ce qui est inacceptable. Si la phrase, un peu ambiguë,

1. BABINET, C. R. du 5 juillet 1852, t. 35, p. 1. Les particularités relatives à la faiblesse de l'éclat et à l'absence de chaleur sensible seront expliquées dans le mémoire suivant.

2. C'est le procédé classique pour décacheter les lettres sans les déchirer.

de Babinet veut dire qu'il ne semblait pas y avoir de courant d'air, nous venons de voir que cela est contraire à la réalité.

b) Un jour du mois de juillet 1744, vers midi, un nuage menaçant arriva au dessus de Knifwingsgute ; le tonnerre se rapprochait peu à peu. Une paysanne était occupée à faire cuire quelques mets sur le foyer de la cuisine, lorsque le tonnerre éclate, et elle voit une boule de feu de la grosseur du poing descendre par la cheminée, passer entre ses pieds sans la blesser et continuer sa route sans incendier, sans même renverser le rouet et divers autres objets qui se trouvaient sur le plancher. Effrayée, elle se précipite vers la porte ; mais au moment où elle l'ouvre, la *boule de feu* vient en sautillant (hüpfend), passe près de ses pieds, pénètre dans une pièce qui s'ouvrait au dehors, la traverse, franchit une porte et arrive dans la cour ; elle la traverse aussi, remonte le mur opposé, monte sur sa surface, et arrivée au dessus du toit de chaume, elle éclate et se disperse avec un bruit si terrible que la paysanne s'évanouit ; le feu prend à la grange et la réduit promptement en cendres. — C'est le ministre Triburtius qui a rédigé cette relation sous les yeux de la paysanne, de son mari et de sa servante (¹).

L'explication du cas précédent s'applique, dans ses grandes lignes, au cas actuel. En se précipitant vers la porte, la paysanne effrayée détermine un courant d'air, que suit la boule de feu ; le vent du dehors, soufflant tangentiellement à la porte, fait office de trompe et détermine un appel d'air qui attire la boule dans la cour. En traversant celle-ci, la boule se refroidit ; sa substance superficielle se décompose et, retenue par la pression électrostatique, détermine le mouvement d'ascension contre le mur opposé à la porte de la grange. Si la boule monte en roulant le long du mur, le mécanisme de l'exemple *b*) du § 16 (p. 726) l'explique. Quoi qu'il en soit, arrivée à la partie supérieure de ce mur, la boule fait explosion et met le feu à la grange.

c) Le cas suivant est plus curieux et, en apparence, plus inexplicable. Il est dû à M. Hapouèle, propriétaire instruit du département de la Moselle :

1. F. SESTIER, *loc. cit.*, t. I, p. 135-136.

Vers les deux heures d'une journée de l'été de 1837, que je ne puis préciser, j'étais devant la porte de mes écuries, abritée par un avant-toit, ayant devant moi, à une certaine distance, une maison d'habitation dont la porte était ouverte. Entre ce bâtiment et la place que j'occupais, il y avait une vaste mare de fumier.

Tout à coup, et par un épouvantable coup de tonnerre, je vis descendre dans une direction un peu oblique et vers le milieu du tas de fumier, à 12 mètres de moi, une boule lumineuse de la grosseur d'une belle orange. Je croyais la voir pénétrer dans le fumier ; mais, arrivée à un mètre de distance, elle prit une direction parfaitement horizontale parallèle au sol et vers la porte qui venait d'être fermée à l'instant par ma femme.

Arrivée à 15 mètres de la maison la boule électrique, reprenant la même obliquité qu'elle avait en descendant, remonta vers les nuages en passant à un demi-mètre de la corniche voisine du toit ; à 50 mètres de hauteur, je la perdis de vue (1).

La boule s'est arrêtée à 1 mètre du fumier parce qu'alors elle avait la même densité que l'air. Fréquemment, les éclairs sphériques descendants s'arrêtent à 1 ou 2 mètres du sol et y demeurent.

Elle est descendue *obliquement* et non *verticalement* parce qu'il y avait un vent modéré dont la vitesse horizontale v était inférieure à la vitesse de chute verticale V due à la pesanteur (diminuée du poids de l'air déplacé) (fig. 4).

En se déplaçant horizontalement dans l'air avec la vitesse v du vent dans un milieu froid pour lui, le globe est devenu plus léger parce que ses molécules superficielles se décomposent ; et,

le gaz résultant ne pouvant s'échapper à cause de la pression électrostatique extérieure, il occupe maintenant un volume légèrement plus grand. Il remonte donc avec une vitesse verticale V' (du même ordre de grandeur que V , mais en sens contraire), laquelle, combinée avec la vitesse horizontale du vent, donne cette fois une ~~trajectoire~~ trajectoire ascendante oblique, grossièrement symétrique de la première par rapport à la verticale, et située d'ailleurs dans le plan vertical projetant le vent.

Une fois que le globe a commencé à remonter, le mouvement

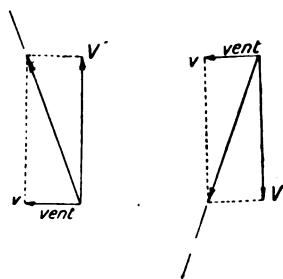


Fig. 4.

1. F. ARAGO, *loc. cit.*, p. 49-50.

continue comme on l'a vu dans les pages précédentes (v. § 21, p. 735).

d) Le jour du 5 juillet 1883, dans un village de Malma, voisin d'Upsala, un tailleur, vers 1^h30 de l'après-midi, vit *un globe de feu qui descendait des nuages et allait vers la fenêtre d'une maison*. C'était la fenêtre de la cuisine et le globe s'introduisit par une fissure. Il avait la forme d'œuf couleur d'or, long de 50 centimètres, et descendait sans toucher le pavé. « Cet œuf d'or s'avança lentement, le gros bout en avant, à travers la cuisine jusque dans le vestibule. La porte étant fermée, il s'éleva et sortit par une ouverture horizontale de 14 centimètres de longueur et de 3 à 4 centimètres de largeur, située à une hauteur de 1^m,50 au dessus du plancher. Immédiatement après, on entendit plusieurs détonations « comme une salve de mousqueterie » si forte que tous les habitants accoururent ».

Le prof. Hildebrandson, qui prit connaissance des témoignages, ajoute : « J'ai visité la place, et c'est en vain que j'ai cherché la moindre trace du feu » (1).

L'exemple précédent, où un gros globe passe deux fois successivement à travers des orifices étroits, surtout la première fois, sera repris plus loin (voy. p. 745). Les autres circonstances ont été expliquées dans les cas précédents.

23. Foudres descendantes qui roulent sur le sol et s'éteignent. — Ces foudres-là justifient pleinement le raisonnement du § 20 ; de plus, roulant sur le sol, elles doivent se décharger complètement, après quoi elles fusent nécessairement, ne pouvant plus exploser.

Il nous suffira de citer des exemples déjà vus pour une raison différente de celle qui nous intéresse maintenant, savoir : les exemples a), b), c) de la p. 697 et d) de la p. 698.

24. Foudres d'origine inconnue qui roulent sur le sol et s'éteignent. — Voici un exemple particulièrement curieux.

En janvier 1883, un orage épouvantable s'abat sur le plateau de Zergoug, qu'échancra la vallée de l'Oued Mirarès.

Tout-à-coup, le ciel devint sombre et se chargea d'électricité. L'on entendit

1. *La Nature*, 1884, 1^{er} semestre, p. 302.

au loin des roulements de tonnerre extraordinaires et chacun se terra sous sa tente... Soudain, phénomène que je n'avais pas encore constaté, des boules de feu roulaient dans le camp, soulevaient la toile des tentes et semaient la terreur car on avait peur de les voir exploser tout-à-coup.

Mais, phénomène aussi inexplicable, tandis qu'on levait les jambes pour ne pas être touché, ces boules passaient près des bâtons de tente, des cantines et sortaient en soulevant les toiles, *puis s'évanouissaient*. D'autres sillonnaient tout le camp sans exploser, rendaient fous les chevaux, qui, finissant par arracher leurs piquets, s'enfuyaient de tous côtés.

Puis l'orage éclata sur le camp : tonnerre, éclairs, trombes d'eau... » (1)

Au récit nerveux et coloré du capitaine Godchot, il manque une chose, une seule, mais qu'un gamin de Paris n'aurait certainement pas oubliée ! Gavroche aurait certainement eu la curiosité de passer la tête hors de sa tente pour voir d'où venaient les boules de feu qui roulaient par terre, de tente en tente, en soulevant les toiles de celles-ci ; et Gavroche aurait vu que ces globes de feu tombaient des nuages et se déchargeaient de leur électricité en roulant sur le sol, après quoi ils s'évanouissaient en fusant.

Si ç'avait été des foudres ascendantes, le sol eût été électrisé positivement et les boules ne se seraient pas désélectrisées en roulant dessus, comme nous allons le voir par l'exemple suivant.

25. Foudres ascendantes qui roulent sur le sol avant de s'élever et de détoner. — Au milieu d'une horrible tempête, le docteur Gardino vit plusieurs globes de feu voltiger de tous côtés à une petite distance du sol, en faisant entendre un bruit de crépitation. Ces foudres, *sorties de terre*, ajoute-t-il, *tuèrent des animaux*, endommagèrent des arbres et des maisons ; *un homme fut tué dans son lit*. Enfin, au dire de plusieurs témoins, l'une de ces foudres ascendantes *sortit d'une excavation remplie d'eau croupissante sous la forme d'un globe rond*, d'un pied de diamètre, qui, *après avoir glissé sur le sol humecté par l'eau putride*, s'éleva le long du mur d'une maison et détona violemment au niveau du toit. Le docteur Gardino put constater lui-même *le trajet du météore sur la surface du mur*, et vit une des tuiles du toit *percée d'un trou rond d'un pouce de diamètre* (*).

1. Extrait de *l'Histoire du 1^{er} régiment de zouaves* par le capitaine Godchot, 2 volumes.

2. F. SESTIER, *loc. cit.*, t. I, p. 122.

Que la dernière foudre ascendante sorte d'un sol liquide, monte dans l'air et détone ensuite, cela est classique et conforme aux explications du § 21. La nouveauté du présent cas consiste en ce que, tandis que les foudres descendantes se déchargent en roulant sur le sol, les foudres ascendantes qui roulent sur le sol avant de s'élever dans l'air ne se déchargent pas sensiblement.

Toute l'explication tient en ceci : quand il n'y a pas foudre ascendante, la surface du sol est au potentiel zéro sensiblement. Quand, au contraire, il se forme un éclair sphérique ascendant en un point A du sol, en ce point et dans un rayon plus ou moins étendu autour de A, il règne un potentiel positif très élevé, induit par un nuage négatif près du sol, potentiel *qui a son maximum en A*. Dès lors, quand le globe roule sur le sol au voisinage de A, il ne se décharge pas, vu qu'au voisinage d'un maximum le potentiel ne change pas sensiblement. Il se refroidit seulement ; sa substance superficielle se décompose et augmente son volume, vu que la pression électrostatique s'oppose au départ des gaz dégagés. A un certain moment, la sphère se dégage du sol et s'élève dans l'air.

Le bruit de crépitation que font entendre les foudres ascendantes sorties de terre et voltigeant au voisinage de la surface du sol provient, vraisemblablement, de multiples décharges partielles dues à des hétérogénéités thermiques faibles.

Si le globe a roulé verticalement le long du mur d'une maison, comme les traces laissées sur la surface du mur par le météore paraissent le démontrer, le mécanisme de l'exemple b) du § 16 (p. 726-727), déjà invoqué, l'explique.

V. APTITUDE DE LA MATIÈRE FULMINANTE A PASSER PAR DES ORIFICES TRÈS ÉTROITS.

26. Cette aptitude s'explique par l'existence d'une tension superficielle élevée. — La matière fulminante étant un fluide peut évidemment passer, en vertu de sa fluidité, par des orifices fort étroits. Ce qui est remarquable, c'est qu'en passant par ces pertuis étroits la matière fulminante ne se fragmente pas en parties qui, par la suite, demeureraient étrangères les unes aux

autres. Le phénomène que nous désirons mettre en évidence dans ce qui suit, c'est l'aptitude étrange de la matière en question à demeurer unie en traversant les orifices les plus étroits, à conserver son unité et à reprendre ensuite sa forme première. On a la sensation que tout se passe comme si cette substance était emprisonnée dans une enveloppe élastique, indéchirable bien qu'infiniment mince, qui n'en laisse échapper aucune parcelle. Or *cette enveloppe idéale n'est autre que la couche superficielle du fluide, siège de la tension superficielle* ; en sorte que les observations que l'on va passer en revue peuvent être considérées comme les preuves les plus convaincantes de la réalité de cette tension superficielle qui, dans notre théorie, joue un rôle de tout premier plan, lequel ne lui avait été, avant nous, reconnu explicitement par aucun physicien.

La matière fulminante ne passe pas sans inconvénient à travers les fentes très minces, car le contact étroit et obligatoire qu'elle a alors avec des corps qui sont à la température ordinaire provoque un refroidissement intense et une décomposition abondante de *toutes les parties* de la matière fulminante. Souvent, cette décomposition devient si rapide que le globe explose peu de temps après avoir subi cette épreuve, d'un genre particulier.

a) Dans les phénomènes si curieux observés à Betz (Oise) et racontés par M. de la Pylaie (voy. p. 705-706), deux fois de suite on voit une masse énorme de matière fulminante, d'un volume comparable au mètre cube, ou peut-être plus grand, passer sans difficulté et en vitesse par le petit intervalle de 15 centimètres qui se trouvait entre le bas des portes de tôle des deux bouches et le sol. Le refroidissement qui en résulte n'est pas sensible.

b) Dans l'exemple de la page 718, la foudre, en forme de *bras embrasé*, qui éclate dans un éclair éblouissant, se retrouve après divers avatars au second étage. Auparavant, cette foudre, après être montée le long d'un tube de fer blanc vertical, avait percé un *mur suivant un trou à peine visible* et pénétré ensuite dans une salle du premier étage, où *elle passe par un petit pertuis entre le lambris et le mur*. Comme la matière fulminante est impure, l'abondante décomposition de cette matière, qui est la conséquence de son

refroidissement à travers les pertuis étroits, emplit de fumée noire très dense une salle. Nous avons ici l'exemple d'une matière fulminante qui a, deux fois de suite, passé à travers des ouvertures très petites. C'est au second passage que le refroidissement s'accroît et se trahit par une abondante décomposition de la matière fulminante impure.

c)

M^r C. Ben Polychromatis, à Lacédémone, m'a signalé que, pendant un violent orage survenu en mai 1901 au village Tseria, commune de Mélitine (Grèce), la foudre frappa à plusieurs reprises les arbres et les rochers. Tout-à-coup, une boule de feu, d'un diamètre apparent de 0^m,20 à 0^m,30, s'abattit sur la toiture d'une petite habitation, descendit par le tuyau de la cheminée qui s'écroula, apparut dans l'appartement, s'approcha de deux jeunes filles assises près d'une fenêtre, *toucha les pieds de l'une d'elles*, puis, après avoir rebondi sur le mur, cassa un fusil suspendu et chargé à plomb, qui détona. Ensuite, la boule de feu, *pénétrant par une fissure dans l'étable*, tua les bœufs, les chèvres et les porcs, à l'exception d'une vieille chèvre malade que l'on trouva sauve au milieu des cadavres et en fin, après avoir troué le mur, la sphère électrique alla se précipiter dans une citerne voisine (1).

Dans cet exemple, c'est immédiatement après s'être refroidi à traverser la fissure que le globe a exercé ses ravages dans l'étable en mettant à mort successivement tous les animaux, sauf la vieille chèvre malade.

d) Sept personnes étaient réunies dans un salon, au rez-de-chaussée d'une maison de campagne près de Marseille, lorsque pendant un violent orage, elles virent entrer la foudre sous la forme d'un globe de feu du diamètre d'une assiette. Le météore se dirigea sur une jeune fille de dix-huit ans, qui frappée de terreur, s'était jetée à genoux, l'atteignit aux pieds, *puis rebondit jusqu'au plafond*, et se mit ainsi trois ou quatre fois, avec une sorte de régularité, en frappant alternativement le plafond et les pieds de la jeune fille, sans qu'elle éprouvât pendant cette action d'autre sensation qu'une légère crampe aux jambes. Les témoins de ce phénomène n'éprouvèrent aucun mal. *Le globe de feu sortit par le trou d'une serrure*. Quant à la jeune fille, elle ne put se relever immédiatement. Pendant plus de quinze jours, elle ne put marcher qu'aidée par les bras qui la soutenaient et, pendant deux ans, au moment où elle s'y attendait

1. CAMILLE FLAMMARION, *Les phénomènes de la foudre*, p. 107.

le moins et à des intervalles plus ou moins longs, elle s'affaissait sur elle-même et tombait, si personne n'était là pour la soutenir (1).

Cet exemple commence comme celui qui le précède ; la foudre globulaire, touchant les pieds d'une jeune fille, se refroidit à ce contact ; les molécules superficielles, refroidies, explosent et la foudre rebondit.

e) Cet exemple n'est autre que l'exemple d) de la page 740, dans lequel un œuf, couleur d'or, de 50 centimètres de long, descendu des nuages, *s'introduit par une fissure* dans la cuisine d'une maison de Malma, près d'Upsala. La porte de la cuisine étant fermée, le globe s'élève et sort par une ouverture horizontale de 14 centimètres de longueur et de 3 à 4 centimètres de largeur située à 1^m,50 au dessus du plancher. Cette hauteur détermine une différence de pression, capable de déterminer un appel d'air vers l'orifice supérieur, relativement large. C'est surtout le passage à travers la fissure de la fenêtre qui a refroidi la matière fulminante du globe, laquelle a éclaté sitôt après son passage à travers la fente horizontale.

f) Revenons, pour un instant, à l'éclair de Pontgibaud :

Chez M^e Monier, notaire, sitôt après l'immense éclair, M^{me} Martin et sa fille M^{me} Monier, étant dans leur salle à manger, ont senti passer, *à travers les interstices de la porte vitrée*, quelque chose, une lueur, qui, arrivée entre leurs deux chaises, un peu avant la cheminée, a pris la forme d'une *boule sphérique rouge foncé* de la grosseur d'un *œuf de pigeon*. Elle a alors éclaté vers le rideau en fer de la cheminée avec un bruit très sec, comme un pétard de feu d'artifice (2).

Exemple classique. Le globe éclate bien après son passage à travers l'orifice étroit. La masse de la matière fulminante étant très faible, le refroidissement envahit la masse tout de suite.

g)

Un orage très furieux avec pluie diluvienne épouvanta toute Rome la soirée du 25 septembre 1915... Dans un appartement du second étage, habité par la famille Campodonico, un globe rouge de 15^{cm} *descendit du fil du téléphone...* et finalement *saut*a dans une chambre à coucher, avec la *fenêtre fermée*, comme toutes les autres, et y disparut sans laisser aucune trace... ni la famille du portier... ni celle de M. Campodonico *qui vit le globe sauter et disparaître dans la chambre de l'appartement toute fermée et pleine de fumée sulfureuse*, n'entendirent la plus faible rumeur (3).

1. F. SESTIER, *loc. cit.*, t. I, p. 123-124.

2. E. MATHIAS, *La foudre*, etc..., p. 30.

3. I. GALLI, *Supplemento alla Storia*, etc., *loc. cit.*, § 18, p. 54.

Ici, le passage du globe à travers les fissures de la fenêtre fermée a provoqué la décomposition de la matière fulminante, impure puisqu'elle était sulfureuse.

h) Le 28 juin 1875, à Velletri, comme il pleuvait fortement, peu avant midi, un globe, *allongé comme un bras et sorti du pavé*, tournait au travers des carrioles réfugiées dans une écurie, rebondissait sur la rue, puis *entrait par un trou presque invisible* dans le premier étage d'une maison où il apparaissait transformé en verge, etc. (').

Remarque. — Pour nous rendre compte des phénomènes observés, remarquons que les orifices étroits habituels sont les *trous de serrure* et les *fentes linéaires* qui existent toujours sur les bords des carreaux mobiles, des fenêtres, des portes, entre les plinthes et les murs, quelquefois en plein milieu des murs, etc... Considérons, pour plus de simplicité, les orifices étroits comme des passages prismatiques dont la section droite seule nous intéresse, l'observation montrant qu'une foudre globulaire engagée dans un puits étroit finit toujours par traverser celui-ci. Comparons la section droite s du puits, exprimée en millimètres carrés, au volume v de la foudre globulaire exprimée en litres, et cherchons le nombre minimum $\frac{s}{v}$ de millimètres carrés nécessaires pour assurer le passage d'un litre de matière fulminante.

Trou de serrure. — Sa section droite se compose d'un cercle de 3^{mm} de rayon et d'un rectangle de 4^{mm} de large sur 15^{mm} de long. On a alors, en millimètres carrés :

$$s = \pi \cdot 3^2 + 4 \times 15 = 27 + 60 = 87.$$

Fentes étroites. — Supposons une largeur moyenne de 0^{mm},3 et une longueur égale au diamètre de la foudre projetée normalement sur le plan de cette fente, exprimée en centimètres. Dans ce cas, un centimètre de fente donne une surface de 3 millimètres carrés.

Dans le tableau suivant, nous avons réuni les exemples cités précédemment et calculé pour chacun d'eux s , v et $\frac{s}{v}$:

1. I. GALLI, *I principali caratteri*, etc., loc. cit., § 20, p. 40.

Exemple.	$s^{\text{mmq.}}$	sorte de pertuis.	v litres.	$\frac{s}{v} \frac{\text{mmq.}}{\text{litre}}$
a.....	150 000	bas des portes ⁽¹⁾ du fourneau	1500	100
c.....	75	fissure	8	9
d.....	87	trou de serrure	4	22
e.....	90	fissure	22,5	4
f.....	6	fissure	$\frac{1}{250}$	1500
g.....	45	fissure	1,7	27

On voit par là que

1° les petites foudres globulaires (f) passent très facilement à travers les fentes des portes et fenêtres ;

2° les grosses foudres globulaires, comme celle de Malma (e) se contentent de 4 millimètres carrés par litre de matière fulminante ;

3° les trous de serrure sont des passages très grands comparés aux fentes ; alors que les trous de serrure sont des interstices de plusieurs millimètres de largeur, les fentes étroites exercent sur la matière fulminante un véritable *laminage*, qui est très efficace pour la refroidir et précipiter sa décomposition, tandis que son passage à travers un trou de serrure est une épreuve très douce.

1. Supposées d'une largeur de 50 centimètres.

UTILISATION DE TRAINS SPÉCIAUX

pour distribuer directement à pied d'œuvre le matériel de ligne sur voie ferrée,

par M. HUGON,
inspecteur des Postes et Télégraphes.

Les règlements en vigueur (*Instruction sur la construction des lignes aériennes*, pages 171 à 176) prescrivent, pour la distribution du matériel de ligne sur voie ferrée, la constitution de *dépôts principaux*, d'où le matériel est réexpédié, soit par train spécial dans des *dépôts partiels* établis en pleine ligne, soit par les moyens ordinaires dans les gares du parcours ; la distribution est faite ensuite à pied d'œuvre par wagonnets.

Les manutentions successives nécessitées par ces diverses opérations rendent très onéreuse toute distribution sur une voie ferrée à trafic quelque peu intense. Le wagonnet poussé à bras, notamment, est une source de lenteurs, de pertes de temps et de difficultés nombreuses qui ont fait réserver son emploi, par les compagnies de chemins de fer, aux seuls transports accidentels et de minime importance.

Appelé, depuis la fin de 1924, à exécuter d'importants travaux sur voie ferrée, nous avons entrepris de faire décharger le matériel à pied d'œuvre, directement du train spécial, en supprimant les dépôts principaux (sauf pour les ferrures et isolateurs), les dépôts partiels et l'emploi du wagonnet.

Principe de la méthode. — Le principe de la méthode est simple ; il consiste à organiser la marche du train de façon qu'à chaque arrêt sa queue vienne se placer à l'endroit qu'occupait sa tête à l'arrêt précédent et, d'autre part, à placer le matériel nécessaire à chaque appui sur le wagon qui s'arrêtera à la hauteur de son emplacement.

Si l'on figure sur une droite, à une échelle donnée, le point kilométrique de chaque appui avec, en regard, le matériel qui le constitue et, sur une autre droite, à la même échelle, les wagons du train de distribution, lorsqu'on portera successivement, de bout en bout, ce *graphique du train* sur le *graphique de la ligne*, on pourra déterminer le chargement de chaque wagon de façon à permettre l'application du principe qui précède.

Etablissement du graphique de la ligne (fig. 1). — Sur une droite horizontale, on porte, à l'échelle de 1/10.000, certaines indications de l'*état descriptif* établi conformément aux prescriptions de l'Instruction technique (p. 169) : écartement et numéros des appuis, points kilométriques.

À l'intersection de parallèles à cette droite et de perpendiculaires élevées aux points d'emplacement des appuis, on reporte les indications de l'*état descriptif* relatives au matériel.

On figure également par des hachures les obstacles à la distribution (passages à niveau, viaducs, etc...).

Etablissement du graphique de train. — Pour établir ce graphique, il faut connaître le nombre et la longueur des wagons, données qui sont déterminées par la nature et l'importance du matériel à distribuer ainsi que par la main-d'œuvre dont on dispose pour la manœuvre.

Pratiquement, d'ailleurs, on ne charge généralement que deux catégories de poteaux sur un même wagon et l'on sépare les ferrures des isolateurs, ce qui nécessite l'utilisation de wagons appropriés à la nature du matériel et leur *classement* dans la rame.

D'autre part, dans la construction d'une ligne double, on aura autant que possible choisi une section de distribution de 25 à 30 kilomètres, dont le matériel forme un train complet, pouvant être déchargé en une seule journée par 125 à 150 hommes. Il est utile également de remarquer qu'une longueur de rame multiple de 100 mètres permet l'arrêt à une borne hectométrique et évite les jalonnements.

Pour choisir les wagons, on se base sur la longueur *moyenne* des voitures utilisées dans le réseau : par exemple, 20 mètres pour les

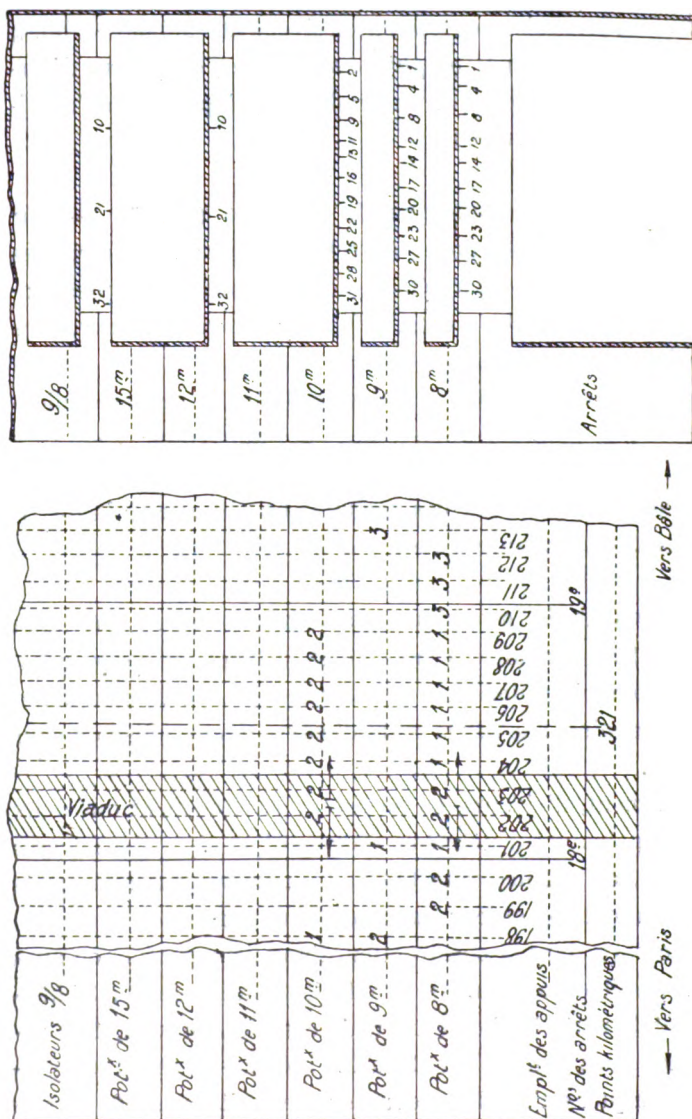


Fig. 1. — Graphique de la ligne (à gauche) et graphique du train (à droite).

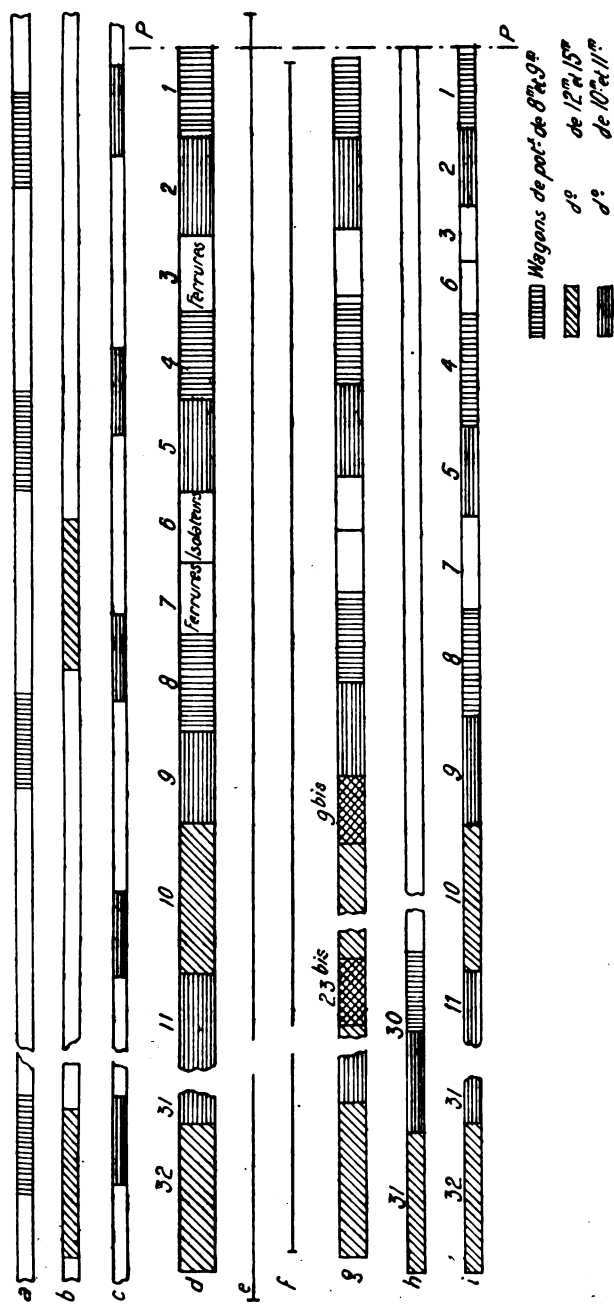


Fig. 2. — Classement du train.

a, b, c : disposition théorique des wagons par catégories, avec écartements strictement égaux (a : 10 wagons de poteaux de 8 et 9 mètres; b : 3 wagons de poteaux de 12 et 15 mètres; c : 11 wagons de poteaux de 10 et 11 mètres);

d : classement d'après la longueur presuimée des wagons;

e, f, g, h, i : rectifications du décalage des wagons causé : e, par une rame un peu longue; f, par une rame un peu courte; g, par une rame très longue (adjonction de 2 wagons vides (9 bis et 23 bis); h, par une rame présuimée très longue (suppression d'un wagon et chargement de 2 wagons de poteaux [27 et 30] sur une même plateforme); i, dans une rame de longueur normale, par déclassement d'un wagon d'isolateurs ou de ferrures;

P : point normal d'arrêt du train.

poteaux de 12 et 15 mètres, 12^m,40, pour les autres catégories de poteaux, et 10 mètres pour les ferrures et isolateurs.

En ce qui concerne le nombre des wagons, on peut compter :

- 60 à 80 poteaux de 8 et 9^m par wagon desservi par 3 ou 4 hommes,
- 50 à 60 poteaux de 10 et 11^m par wagon desservi par 5 ou 6 hommes,
- 40 à 50 poteaux de 12 et 15^m par wagon desservi par 7 ou 8 hommes.

D'autre part, un wagon de ferrures desservi par 2 hommes et un wagon d'isolateurs desservi par 4 hommes, correspondent aux besoins de la construction de 6 à 8 kilomètres de ligne double.

Le nombre et la longueur présumée des wagons ayant été fixés, on procède à leur *classement* dans la rame en recherchant l'équidistance entre les voitures chargées des mêmes catégories de matériel, avec une approximation d'autant plus grande que les unités de matériel sont plus lourdes et les voitures moins nombreuses.

Ce classement a lieu par tâtonnements, sans règle déterminée. On peut toutefois procéder ainsi qu'il suit : Disposant d'une bande étroite de carton mince pour chacune des trois catégories de chargement de poteaux, on y figure les wagons, à l'échelle de 1/1000, en supposant que les voitures de même catégorie sont séparées par des écartements strictement égaux (fig. 2, a, b, c). Le rapprochement de ces trois bandes, en diverses positions, permet, soit de trouver des combinaisons heureuses, soit de vérifier l'importance du décalage subi par chaque wagon lorsque le schéma de *classement du train* a été complété par l'introduction des voitures de ferrures et d'isolateurs dans les vides laissés par les wagons de poteaux (fig. 2, d). Ce schéma sert à l'établissement, à l'échelle de 1/10.000, du *graphique du train*, constitué par une feuille de carton ajourée qui, convenablement placée sur le graphique de la ligne, fait apparaître le wagon le mieux placé pour distribuer chaque catégorie de matériel (fig. 1).

Etablissement des fiches de distribution. — L'inspecteur porte, d'arrêt en arrêt, le graphique du train sur le graphique de la ligne et indique à des agents, qui le notent sur des fiches (fig. 3), le matériel à décharger par chaque wagon. Le déchargement a lieu de part et d'autre de tout obstacle à la distribution.

Formalités administratives. — Les formalités administratives habituelles ne sont pas modifiées. Il est cependant utile de demander, sur les bons d'expédition, le groupement des ferrures et isolateurs en un envoi unique à destination de la gare de formation du train et la fourniture des poteaux par le dépôt le plus proche.

En temps opportun, l'inspecteur chargé de la construction s'en-

Wagon n°30.

Distribution du 26 mars 1929
Section Chalindrey - Bîlur de Bourbonne

Chef de wagon M.
Ouvriers: MM.

Arrêts.	Poteaux de 8 ^m	Poteaux de 9 ^m	Observations.
18 ^e	0	0	aider le n°29.
19 ^e	3	1	demandeur aide au n°31.
20 ^e	3	0	1 poteau grille de 8 ^m 1 poteau grille de 9 ^m .
70 ^e			
Totaux	61	15	

Fig 3. — F.che de distribution.

tend avec son collègue de l'exploitation des chemins de fer et fixe l'horaire du train de façon à disposer, pour la distribution, de périodes correspondant au moins à 5 minutes par arrêt, trajet compris ; il recueille tout renseignement intéressant la proposition de mise en marche du train spécial à adresser à l'inspecteur principal de la compagnie.

Dans cette demande, qui se réfère à l'article 6 de l'annexe A à l'arrêté du 16 octobre 1891, on propose la date et l'horaire du train, compte tenu de la suppression des trains non-réguliers, et l'on prévoit un train facultatif pour le lendemain. La demande indique également le nombre de wagons à fournir pour le chargement des ferrures et isolateurs, celui des wagons plats, par catégories, à envoyer échelonnés au dépôt de poteaux, avec les dates limites d'arrivée et (après chargement) de remise à la compagnie pour permettre de les acheminer sur la gare de départ, en vue de leur classement avec les wagons de ferrures et d'isolateurs, suivant un schéma à fournir au chef de gare.

Confirmation des demandes de wagons est faite à chaque gare intéressée.

Chargement et formation du train spécial. — Le schéma de classement du train complété par l'indication du matériel attribué à chaque wagon, est remis au surveillant du dépôt de poteaux, qui s'emploie auprès de l'entrepreneur à obtenir un chargement exact et rapide, en veillant à ce que les poteaux de chacune des deux catégories soient groupés de part et d'autre du wagon et se chevauchent le moins possible.

Organisation et pratique de la distribution. — Le train est divisé en secteurs de cinq ou six wagons, dont les chefs sont munis de fanions blancs. Un fanion blanc, de grandes dimensions, est tenu par un agent placé au milieu de la rame. Un conducteur de travaux ayant en main la liste kilométrée des arrêts est placé sur la locomotive ; d'autres conducteurs surveillent la distribution. L'inspecteur se place sur le fourgon voisin de la locomotive. Il peut être renseigné sur tous les incidents par des postes téléphoniques échelonnés le long de la rame.

Le train s'arrête sur l'ordre du conducteur de travaux placé près du mécanicien. A l'arrêt, chaque chef de secteur lève son fanion et le déchargement commence ; quand il est terminé, chaque chef de wagon lève la main et le chef de secteur abaisse son fanion ; quand tous les fanions sont abaissés, l'agent placé au milieu de la rame agite son fanion et le train part.

A chaque arrêt, les chefs de wagons rayent sur leur fiche les indications qui s'y rapportent.

Une équipe de trois ou quatre hommes suit le convoi pour garer les poteaux mal placés et réparer au besoin les petites dégradations.

Résultats obtenus. — Huit trains spéciaux ont été mis en marche dans le département de la Haute-Saône et le territoire de Belfort, sans aucun échec ni accident ou incident de quelque importance.

Le déchargement s'opère facilement, sans excès de fatigue.

La proportion des poteaux brisés en opérant sans glissières varie de 0 à 3 par 1000.

Le train peut s'arrêter *exactement* au point fixé ; en pratique, on obtient facilement une approximation de 5 mètres dans les déclivités et de 2 mètres en palier.

Si l'on suppose un train de 400 mètres composé de 32 wagons, dont 10 chargés de poteaux de 8 et 9 mètres, 11 de 10 et 11 mètres, 3 de 12 et 15 mètres, 4 de ferrures et 4 d'isolateurs, on voit que l'éloignement *moyen* de l'extrémité d'un poteau à son point d'utilisation variera de

$$0 \text{ à } \left(\frac{400 - 8 \times 10}{10 \times 2} \right) = 16^{\text{m}} \text{ pour les poteaux de } 8^{\text{m}},$$

0 à	13 ^m	—	—	10 ^m ,
0 à	59 ^m	—	—	15 ^m .

A diverses reprises, de hauts fonctionnaires et ingénieurs de l'inspection générale, du comité technique et de la direction régionale ont pu constater les résultats acquis par une méthode qui est aussi facile dans son exécution que simple dans son principe (1).

Remarques. — Les compagnies fournissent parfois des wagons dont la longueur est sensiblement différente de celle qui est prévue dans la formation de la rame, et le décalage qui en résulte peut s'ajouter à celui qui provient d'un arrêt inexact du train. On y remédie par divers expédients (fig. 2, e, f, g, h, i) et, au besoin, on profite de la présence de plateformes supplémentaires de grandes dimensions pour améliorer la distribution des poteaux de 12 et 15 mètres.

Il y a lieu de proscrire les wagons couplés, qui, en raison de leur faible poids, tendent à dérailler en cas d'arrêt brusque à la fin de la distribution.

Comparaison des divers modes de distribution. Economie réalisée. — La méthode exposée présente des avantages qui peu-

1. Depuis mars 1928, la compagnie de l'Est a groupé les wagons spécialement équipés en vue du déchargement des rails, pour former, avec des voitures chargées d'éclisses, de boulons et de menu matériel, un train unique de 360 mètres de long dont la circulation est réglée par une organisation analogue à celle qui est décrite dans la présente étude.

vent être en partie appréciés en chiffrant approximativement le bénéfice réalisé.

N'ayant pas employé le mode de distribution par train spécial avec constitution de dépôts partiels, nous ne pouvons faire aucune évaluation relativement à son emploi. Toutefois, les avantages qu'il présente ne paraissent pas être d'ordre économique puisque les dépenses afférentes à l'utilisation du wagonnet s'ajoutent à celles de la mise en marche du train spécial.

Par contre, lorsque nous avons eu à distribuer le matériel déposé dans les gares, nous avons procédé à des constatations systématiques et noté que l'équipe de construction employait d'une façon constante au moins une journée $1/2$ par semaine, soit $1/4$ de son temps à la distribution.

Sur cette base, on peut établir une comparaison entre les deux procédés, par exemple pour la construction d'une ligne double neuve de 30 kilomètres en terrain moyennement accidenté.

Nous évaluerons le travail (piquetage, distribution du fil, ramassage exceptés), au plus bas, à 8.000 journées, dont 2.000 sont consacrées à la distribution. La dépense est donc, à 50 francs par jour (toutes les indemnités comprises), de..... 100.000^f

Il y a lieu d'ajouter, pour la compagnie de l'Est,

400 journées de couvreur à 55^f =..... 22.000

Majoration de 10 %. 2.200 24.200

Total..... 124.200^f

L'évaluation de la dépense du train spécial sera basée sur les tarifs qu'impose (pour ordre) la compagnie de l'Est à son service de la voie :

Machine (série B) et 2 agents à 9^f,12 le kilomètre (pour 50 km)

455^f

Taxe de 0^f,32 par essieu pour 32 wagons 20

1 chef de train à..... 70

1 conducteur et 2 serre-freins à 55^f..... 165

3 couvreurs à 55^f 165

A reporter : 875

	<i>Report :</i> 875	
Majoration de 10 %.....	88	963 ^f
150 journées d'ouvrier des P.T.T. + 15 journées d'imprévu à 50 ^f		8.250
Manceuvres diverses		300
Total.....		<u>9.513^f</u>

L'économie réalisée ressort à 115.000 francs. Ce chiffre serait considérablement majoré s'il était possible d'évaluer le temps perdu pour le transport des poteaux inexactement distribués et, surtout, la moins-value de rendement consécutive à ce travail extrêmement fatigant.

Généralisation du procédé. — En multipliant par le nombre de départements le bénéfice réalisé au moyen des huit trains mis en marche depuis quatre ans dans notre secteur, on obtiendrait sans doute des chiffres exagérés quant aux résultats à attendre de la généralisation du procédé. Par contre, ces chiffres seraient certainement inférieurs à la réalité si la généralisation était faite non seulement en étendue, mais « en profondeur », c'est-à-dire si le procédé était employé aussi bien pour les révisions de grosse et moyenne importance que pour les constructions neuves ou assimilées.

Il est bien évident, d'abord, qu'en raison du prix de revient minime d'un train spécial (nul, sans doute, dans certains réseaux) il y aura avantage à l'utiliser dès qu'une révision nécessitera le transport de 200 poteaux sur une section de 30 à 40 kilomètres.

Il semble possible d'étendre encore la méthode aux distributions de moyenne importance, à l'instar des compagnies de chemins de fer, qui distribuent leur matériel par trains de *diplorys* remorqués par des *tracteurs* ou des *draisines*.

Une proposition dans ce sens a été faite à la compagnie de l'Est, qui nous a donné satisfaction, sous réserve que le train *ne contiendrait pas de poteaux*. Cette exclusion est motivée par le fait que les poteaux, en rendant solidaires et parallèles les deux équipages de

diplorys non munis de tabliers ou de traverses tournantes, peuvent causer des déraillements dans les courbes.

Le concours pressé des compagnies, dont l'exploitation est gênée par la circulation de trop nombreux wagonnets, serait acquise, pour la mise en marche des trains de l'espèce, aux services techniques

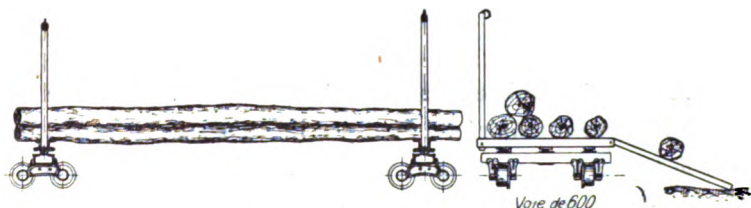


Fig. 4. — Diplorys pour transport de grumes.

qui disposeraient, sinon de diplorys spéciaux, du moins de dispositifs pivotants pouvant être fixés par encastrement et serrage sur les fers en U des diplorys des compagnies, dans des conditions analogues à celles qui sont indiquées à la figure 4.

Au moment où l'administration dote ses services de camions automobiles pour les transports sur route, la question des transports sur voie ferrée, qui n'a jamais été améliorée, mérite de retenir l'attention de tous ceux qui s'intéressent, à un degré quelconque, à la construction des lignes aériennes.

UN SYSTÈME DE TÉLÉPHONIE MULTIPLEX A COURANTS PORTEURS

sur les circuits téléphoniques à grande distance, (1)

par H. A. AFFEL, C. S. DEMAREST et C. W. GREEN.

SOMMAIRE. — *Les auteurs décrivent les études récentes de la compagnie Bell relatives aux systèmes de téléphonie multiplex à grande distance utilisant les courants porteurs. Un nouveau système, appelé type C, qui remplace les premiers types d'équipement, est décrit en détail, ainsi que les répéteurs convenables et les appareils de la voie pilote permettant d'obtenir un fonctionnement stable. On traite les problèmes relatifs aux lignes et l'on décrit les installations types. On montre l'extension donnée à l'application des systèmes téléphoniques à courants porteurs et leur importance croissante dans le service téléphonique à grande distance sur les lignes aériennes.*

Dans un circuit téléphonique ordinaire, l'équipement électrique n'est pas appelé à transmettre des fréquences dépassant 3000 p.p.s. environ. Cependant, par l'emploi de courants de haute fréquence, qui servent de « courants porteurs », on peut transmettre simultanément plusieurs messages sur la même paire de fils. Dans ces systèmes à courants porteurs, les courants de fréquence vocale de chaque conversation particulière ont pour effet de « moduler » un courant de haute fréquence. Le courant résultant modulé contient une bande de fréquences qui est déplacée, par rapport à la bande de fréquences vocales originelle, d'une quantité correspondant à la valeur de la fréquence porteuse. A l'extrémité réceptrice, dans un système à voies multiples, les diverses bandes de courants de haute fréquence sont séparées par des filtres électriques ; puis, par « démodulation », les courants originels de fréquence vocale sont reproduits et arrivent enfin à l'oreille de l'auditeur intéressé.

1. Traduction d'un article publié dans le *Journal of the A.I.E.E.*, décembre 1928 (vol. XLVII n° 12), p. 868.

A un congrès des membres de l'American Institute of electrical engineers qui se tint au milieu de l'hiver de 1921, MM. Colpitts et Blackwell présentèrent une étude intitulée *Carrier current telephony and telegraphy* (1). Cette étude comprenait un bref historique et un examen théorique des méthodes appliquées, ainsi qu'une description détaillée des dispositifs à courants porteurs utilisés à cette époque dans le réseau téléphonique. La lampe thermionique et le filtre électrique étaient à la base de ces premiers systèmes commerciaux.

Le mémoire de Colpitts-Blackwell décrivait les deux sortes de systèmes téléphoniques à courants porteurs exploités à cette époque, un système à quatre voies « courant porteur supprimé » (type A), et un système à trois voies « courant porteur transmis » (type B). Ces premiers systèmes étaient économiques puisqu'ils permettaient d'éviter la pose de nouveaux fils sur de nombreuses lignes aériennes ; mais il restait beaucoup à faire pour améliorer et simplifier l'équipement. C'est pourquoi on s'est attaché à mettre au point un nouveau système, dit « type C », qui, au point de vue technique, présente sur ses prédécesseurs l'avantage d'être plus perfectionné, en même temps qu'il est moins coûteux.

Le type C. — Le nouveau type est essentiellement un système à grande distance à plusieurs voies. Il ajoute trois circuits téléphoniques de haute qualité aux facilités normalement procurées par une simple paire de fils et peut être utilisé sur les circuits les plus longs, tels que ceux qui existent dans le réseau Bell. Pour les distances les plus grandes, il est nécessaire d'employer des répéteurs, espacés de 150 à 300 mètres. Une caractéristique importante des installations à grande distance est ce qu'on appelle la *voie pilote*, grâce à laquelle est assurée la stabilité de la transmission sur les trois voies porteuses, malgré les variations relativement grandes qui affectent la transmission à haute fréquence sur une ligne, par suite des variations de l'état de l'atmosphère.

Le type C est un système à simple bande latérale à « courant

1. A. I. E. E., Trans. 1921 (vol. XI), p. 205.

porteur supprimé ». Sous ce rapport, il ressemble à l'ancien type A. Au point de vue de la distribution des fréquences, le type C possède une des caractéristiques de l'ancien type B : l'emploi de fréquences porteuses différentes pour la transmission dans des sens opposés. L'expérience acquise dans l'exploitation des anciens systèmes a conduit à cette conclusion, que la méthode de travail à deux fréquences doit avoir la préférence dans le service téléphonique.

Système complet. — La figure 1 montre le schéma d'un système complet. On remarquera qu'il comprend les appareils d'une extrémité, un circuit, une station de répéteurs, un second circuit, et les appareils de l'autre extrémité. Il est évident que l'on peut augmenter le nombre des sections de lignes par l'emploi d'un plus grand nombre de répéteurs.

A chaque extrémité, sont les bornes terminales des trois voies porteuses, 1, 2 et 3 et du circuit normal de conversation, 4. Ces terminaisons aboutissent de la façon ordinaire sur les tables interurbaines. Quand un abonné est relié à l'une des terminaisons, n° 1 par exemple, les courants de conversation passent dans le transformateur différentiel à trois enroulements, et de là dans le circuit modulateur, où ils provoquent la modulation d'un courant porteur de haute fréquence. Les bandes ⁽¹⁾ de fréquences modulées résultantes traversent un filtre qui ne laisse passer dans l'amplificateur de transmission que la bande de fréquence désirée. De là, cette bande traverse un filtre appelé *directionnel* et un filtre passe-haut, et gagne la ligne. Le filtre passe-haut en question, associé à un filtre passe-bas, constitue un dispositif appelé *filtre de ligne*, grâce auquel les courants téléphoniques ordinaires sont séparés du courant porteur de haute fréquence, aussi bien aux bureaux extrêmes qu'aux stations de répéteurs.

Les deux autres voies porteuses fonctionnent d'une manière similaire, et les diverses bandes modulées de fréquences porteuses rejoignent la première voie sur la ligne en passant par l'amplifi-

1. *Loc. cit.*, ou R. V. L. Hartley, *Relation of carrier and side bands in radio transmission* (Bell system Tech. J., Vol. 2, avril 1923, p. 90-112.

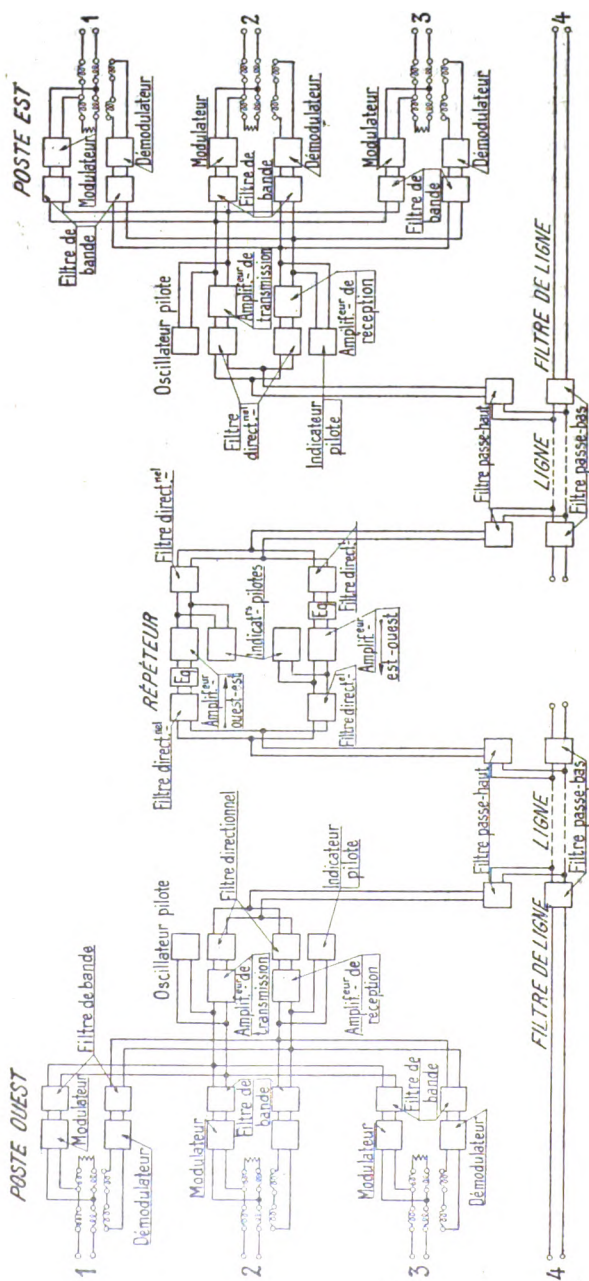


Fig. 1. — Schéma complet du système à courants porteurs .

cateur et le filtre directionnel. A une station de répéteurs, le groupe de bandes, comprenant les trois voies dans une direction donnée, traverse le filtre de ligne passe-haut, un filtre directionnel et un amplificateur, et de là, à travers un même ensemble de filtre directionnel et de filtre de ligne, passe dans la section suivante de la ligne. A l'autre extrémité, les divers courants porteurs traversent le filtre directionnel et sont amplifiés dans l'amplificateur de réception. A la sortie de l'amplificateur, les différentes bandes de fréquences de voie porteuse sont sélectionnées les unes des autres par les filtres de bande, d'où elles passent dans leurs circuits démodulateurs respectifs, qui les ramènent à leur forme originelle, et finalement passent des bornes de sortie du transformateur différentiel dans leur circuit de terminaison.

La figure 2 montre un schéma un peu plus détaillé des circuits terminaux du type C. Le circuit modulateur consiste en un montage à deux lampes en push-pull, où la fréquence porteuse est supprimée. Un circuit séparé de lampe oscillatrice, possédant une stabilité de fréquence exceptionnelle, fournit le courant porteur. La distribution des fréquences exige la transmission de la bande latérale supérieure ou inférieure seulement, et, à la sortie, le filtre de bande sélectionne la bande désirée et rejette les autres fréquences produites par la modulation. L'amplificateur commun est un montage à deux étages d'amplification, comprenant quatre lampes connectées en push-pull parallèle afin d'assurer la transmission de la puissance requise. Le circuit démodulateur est également un montage à deux lampes en push-pull, où les fréquences vocales sont reproduites, par la modulation des courants de bande latérale, avec une fréquence porteuse fournie par l'oscillateur local ajustée exactement sur la fréquence du modulateur de transmission correspondant de l'autre extrémité de la ligne. Il est évident que, si les fréquences porteuses du modulateur et du démodulateur correspondant de la même voie ne sont pas suffisamment accordées entre elles, les courants de conversation reçus sur cette voie seront soumis à une distorsion importante. On n'a éprouvé cependant aucun ennui, en pratique, en tolérant entre ces deux oscillateurs une différence de fréquence de 10 à 20 p.p.s.

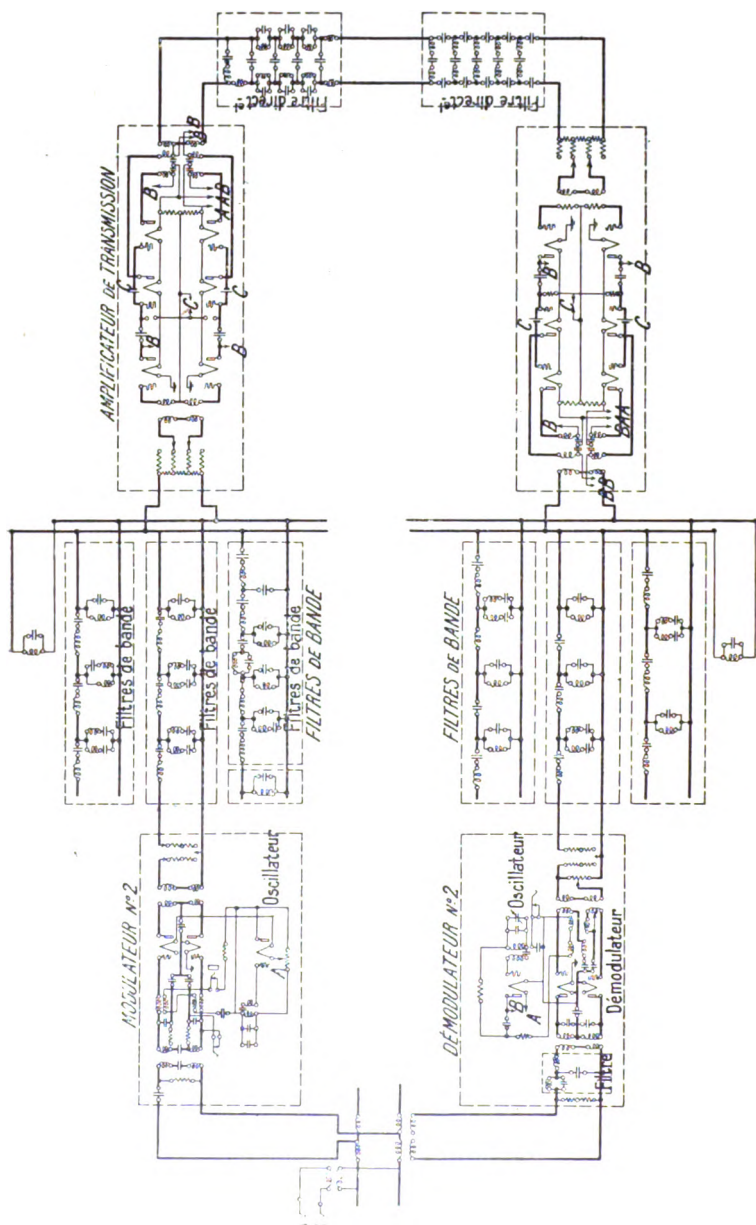


Fig. 2. — Schéma du montage terminal du type C.

Considérations relatives aux lignes.— Par suite de l'effet pellaiculaire dans les fils et des pertes qui se produisent dans les isolateurs, l'affaiblissement des circuits en fil nu utilisés par les systèmes à courants porteurs augmente constamment avec la fréquence. Malheureusement, les pertes dues aux isolateurs ne sont pas constantes, et elles augmentent considérablement par temps humide. Cela augmente l'affaiblissement par les temps pluvieux et nécessite

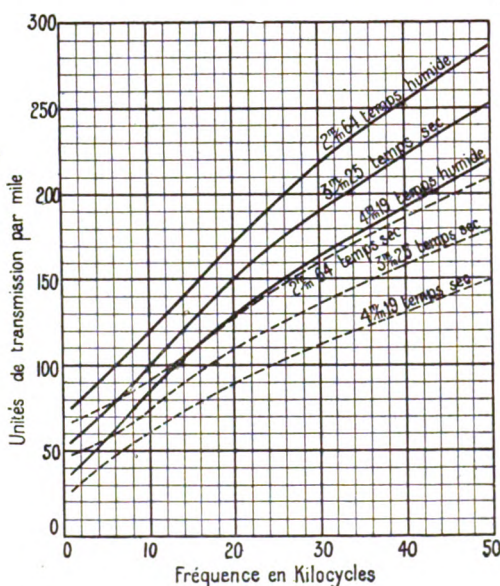


Fig. 3. — Courbes de l'affaiblissement, aux hautes fréquences, pour des circuits aériens de différents calibres.

l'emploi d'un dispositif de voie pilote, afin d'assurer la stabilité de transmission nécessaire, dispositif décrit plus loin. Sur la figure 3, sont tracées les courbes de l'affaiblissement en fonction de la fréquence, pour les calibres de fil les plus communément employés.

Si l'on ne prend pas de dispositions en conséquence, les courants porteurs sont soumis sur la ligne à des troubles de diaphonie, dus aux autres systèmes porteurs ou à divers courants induits dans le circuit sous l'effet d'une cause extérieure. Ces derniers peuvent se manifester par des bruits aux extrémités du système porteur. Par

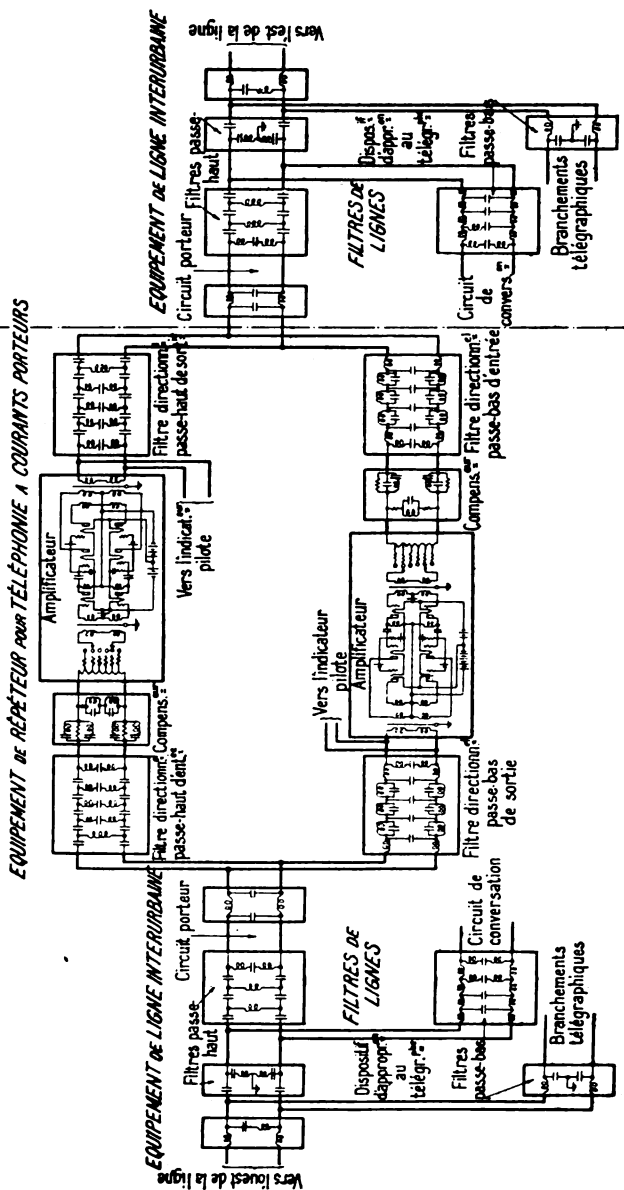


Fig. 4. — Schéma général du circuit de répéteur et de l'équipement de la ligne corrépondante

l'emploi exclusif de circuits métalliques, une disposition convenable des divers appareils et un soin particulier apporté au montage des systèmes, il est possible d'assurer aux courants porteurs le niveau requis par rapport aux courants perturbateurs.

En ce qui concerne la diaphonie entre systèmes très voisins les uns des autres utilisant la même artère, on atténue le défaut en adoptant deux distributions de fréquences différentes. Celles-ci sont « échelonnées » l'une par rapport à l'autre, de sorte qu'un système installé sur une paire employant une distribution de fréquences N est moins soumis à la diaphonie s'exerçant réciproquement entre lui et un autre système fonctionnant sur une paire voisine et employant une distribution de fréquences S , que si les deux systèmes employaient la même distribution.

Répéteurs. — On doit employer des répéteurs quand la distance excède celle pour laquelle les appareils terminaux peuvent maintenir le niveau de transmission bien au dessus de celui des bouts de ligne. Les espacements des stations de répéteurs varient, suivant les circonstances, entre 150 et 300 miles. La figure 4 montre le schéma d'une station de répéteurs. Un amplificateur, semblable à ceux qu'on emploie aux extrémités, amplifie simultanément les courants des différentes voies. L'emploi de filtres directionnels, qui séparent les bandes de fréquence des voies de directions opposées, rend possible l'utilisation de l'amplification effective ou « gain » nécessaire pour compenser l'affaiblissement de ligne relativement élevé. Des compensateurs, installés comme le montre la figure 4, permettent d'obtenir la caractéristique d'amplification pour fréquence non-uniforme nécessaire pour compenser l'augmentation d'affaiblissement des circuits avec la fréquence.

Voie pilote. — Ainsi qu'on l'a dit précédemment, l'affaiblissement des circuits en fil nu de grande longueur est considérablement affecté par les conditions atmosphériques. C'est pourquoi il est nécessaire de faire tout le long du système, au besoin, certains réglages du gain des relais. L'importance de ces réglages est déterminée au moyen de la voie pilote, qui fournit une indication visuelle des

niveaux de transmission aux stations de répéteurs et aux extrémités de la ligne, sans provoquer d'interférence avec les courants de conversation dans chaque groupe de transmission.

Le fonctionnement de la voie pilote est relativement simple. A chaque station de répéteurs et à l'extrémité réceptrice, se trouve un appareil indiquant le niveau du courant pilote à la sortie de l'amplificateur. L'aiguille de cet appareil doit, en principe, rester sur un point qui représente le niveau normal du système. Si une variation de l'affaiblissement du circuit cause une variation du niveau de transmission, la déviation de l'appareil augmente ou diminue, et,

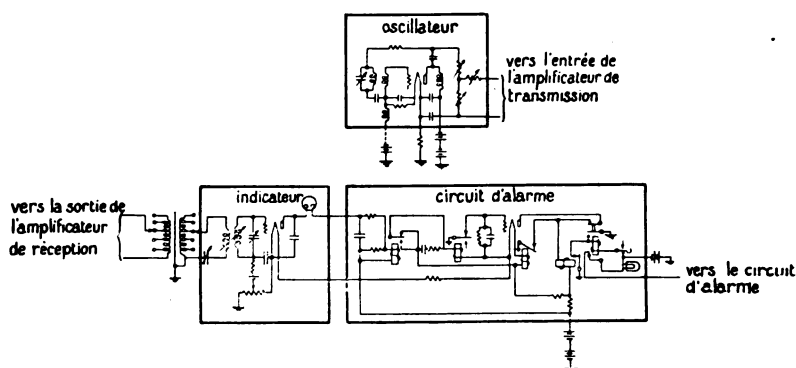


Fig. 5. — Schéma du circuit terminal de la voie pilote.
(Il n'est installé de dispositif d'alarme qu'aux postes terminaux.)

en réglant les potentiomètres du répéteur ou de l'amplificateur terminal, on peut ramener le niveau à sa valeur normale. Un circuit d'alarme est également prévu à l'extrémité réceptrice, de sorte que, si le niveau vient à s'écarter de la normale d'une quantité supérieure à celle que l'on s'est fixée d'avance, l'opérateur de service est averti de la nécessité de procéder à un réglage.

La figure 5 montre schématiquement les caractéristiques principales de l'ensemble du circuit terminal de la voie pilote. A chaque extrémité transmettrice, un oscillateur fournissant le courant pilote est connecté au circuit porteur à l'entrée de l'amplificateur de transmission (voy. fig. 1). L'indicateur de la voie pilote est placé en dérivation à la sortie des amplificateurs des extrémités réceptrices et des

stations de répéteurs. Le circuit est accordé pour séparer d'une façon très précise la fréquence de courant pilote des autres fréquences. Le circuit d'alarme comprend un circuit de retardement qui protège éventuellement contre un trouble léger et passager dans la voie pilote, qui pourrait provenir des courants des autres voies du système, et fournit ainsi l'assurance que le dispositif d'alarme indique seulement une variation de niveau certaine.

Problèmes d'équipement et installations types. — Comme le développement des câbles interurbains, l'usage croissant de systèmes à courants porteurs remplaçant la construction de nouvelles lignes téléphoniques, en vue de faciliter les communications sur les longs circuits, s'est traduit par une extension toujours plus grande de l'équipement des bureaux centraux. L'équipement du type C est monté sur des panneaux de dimensions uniformes, analogues à ceux dont on se sert pour les autres organes récemment introduits dans la technique téléphonique. Cela présente des avantages, non seulement en procurant une uniformité désirable dans la construction, mais en permettant de grouper les différents dispositifs, ce qui assure une séparation électrique convenable aussi bien entre les appareils qu'entre les câblages.

Conclusion. — Les systèmes à courants porteurs satisfont aux exigences techniques et économiques du service téléphonique à grande distance. Cependant, d'après ce qu'on vient de dire, il est évident que l'appareillage est de nature complexe, et si coûteux que, pour des distances relativement courtes, il est plus économique de poser de nouveaux circuits métalliques. Lesdits systèmes sont exploités sur des distances de 150 miles et au dessus. Les perfectionnements qui ont conduit au type C ont donné à ce système une efficacité qui a grandement contribué, au cours de ces quelques dernières années, à étendre l'emploi, dans le réseau Bell, de la téléphonie par courants porteurs. La figure 6 montre quel a été le développement de ces systèmes depuis 1918, époque où l'on en réalisa la première application commerciale. Les régions où l'on compte le plus grand nombre de ces installations sont situées dans le centre et l'ouest

des Etats-Unis et, en général, là où les demandes de communication et l'augmentation du trafic n'ont pas encore atteint le chiffre requis pour justifier la pose de câbles interurbains.

Bien que des progrès considérables aient été réalisés dans la

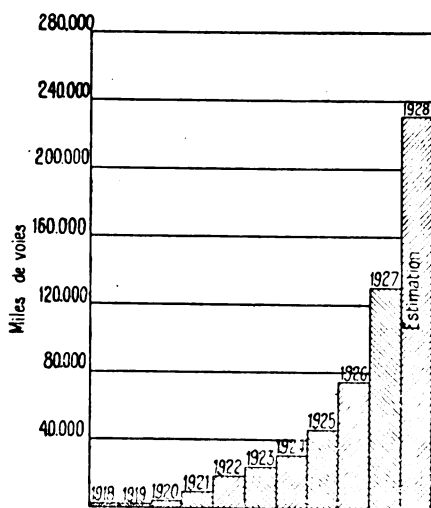


Fig. 6. — Développement de la téléphonie par courants porteurs dans le réseau Bell.

construction et l'emploi des systèmes à courants porteurs depuis leur apparition dans la pratique téléphonique, c'est-à-dire depuis dix ans, il reste évidemment beaucoup à faire, au point de vue de leur simplification et de l'extension du spectre des hautes fréquences utilisables. Bien que les systèmes actuels se servent de fréquences ne dépassant pas 30.000 cycles environ, on peut certainement employer avantageusement des fréquences considérablement plus élevées.

BREVETS D'INVENTION.

TÉLÉGRAPHIE.

654.714. Procédé pour la transmission télégraphique des signaux morse et dispositif pour sa réalisation (R.-L.-A. Schœmaker, Pays-Bas).

654.946. Dispositif pour l'exploitation facultative de la typographie sur des lignes téléphoniques, particulièrement sur câbles téléphoniques (C. Lorenz Aktiengesellschaft, Allemagne).

655.361. Distributeur pour appareil télégraphique imprimeur (Alexandre Chorine, Russie).

TÉLÉPHONIE.

653.343. Système magnétique permettant de convertir des oscillations électriques en vibrations acoustiques (N.-V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Pays-Bas).

653.362. Système de transmission à grandes distances au moyen de lignes Pupin (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

L'accroissement de résistance correspondant à la perte par hystérésis dans les noyaux des bobines Pupin introduit de la distorsion non-linéaire (accompagnée d'un effet de modulation sur les circuits affectés à la téléphonie et à la télégraphie simultanée). Le brevet vise un mode spécial de construction des noyaux des bobines Pupin comportant l'emploi d'une poudre de fer et d'un liant isolant extrêmement divisés, agglomérés sous des pressions supérieures à 20.000 kg par cm² : avec ce mode de construction, l'accroissement de résistance correspondant à la perte par hystérésis est inférieur à 1 ohm par henry et par milliampère à la pulsation 5000.

653.547. Dispositif de résonance pour téléphones à pièces de monnaie (Telephon-Apparat-Fabrik E. Zwietsch et Co, Allemagne).

653.613. Installation téléphonique avec poste principal et poste secondaire (Ernest Wehren, Suisse).

654.299. Dispositif pour opérer un enregistrement graphique accompagnant l'émission d'impulsions électriques en particulier pour installations téléphoniques automatiques ou semi-automatiques (Automatische Fernsprech-Anlagen-Bau-Gesellschaft, Allemagne).

654.309. Installation de téléphonie (Emile-René Lecrenier, Belgique).

654.327. Câble pour communications électriques (Le matériel téléphonique, France).

654.359. Pièces de bobines Pupin pour câbles téléphoniques sous-marins (Siemens-Schuckertwerke Aktiengesellschaft, Allemagne).

654.402. Perfectionnements aux systèmes de communications duplex par courants de haute fréquence (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

654.573. Câble téléphonique avec gaine de protection conductrice, isolée par rapport à la terre (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

654.656. Câble de Pupin pour téléphonie simultanée à basse fréquence et à fréquence porteuse (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

Système de téléphonie simultanée sur les câbles pupinisés, à basse fréquence et à fréquence porteuse, celle-ci étant inférieure à la fréquence de coupure ; cette fréquence porteuse est d'ailleurs supprimée et seule la bande inférieure est transmise. La compensation de phase est assurée séparément pour chacune des voies ; on utilise le système quatre fils, la direction de conversation étant la même pour les deux voies ; les répéteurs intermédiaires doivent transmettre sans distorsion appréciable une bande de fréquences allant de 300 à 5000 p. p. s.

654.917. Perfectionnements apportés aux postes téléphoniques dits à prépayement (Oscar Steels, Belgique).

654.937. Perfectionnements aux sélecteurs mûs mécaniquement (Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson, Suède).

655.017. Support pour récepteur micro-téléphonique (Arnold Eckstein, Autriche).

655.023. Poste téléphonique de table (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

655.242. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques (Compagnie des téléphones Thomson-Houston, France).

655.248. Perfectionnement aux appareils de contrôle d'appel (Société dite : Lignes télégraphiques et téléphoniques, France).

655.256. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques semi-automatiques (Compagnie des téléphones Thomson-Houston, France).

655.263. Système téléphonique d'intercommunication assurant le secret des conversations (Société nouvelle industrielle, France).

655.264. Cadran chercheur de ligne pour installation téléphonique (Société nouvelle industrielle, France).

655.295. Système téléphonique à comptage multiple (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

655.459. Disposition de connexion pour installations téléphoniques à bureaux intermédiaires principaux et secondaires (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

655.498. Système de pupinisation pour lignes électriques (Le matériel téléphonique, France).

655.582. Disposition de connexion pour téléphones de ligne avec appel individuel par voie de sélection (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

655.596. Installation de téléphonie à central automatique sans disque d'appel aux postes (Société anonyme de téléphonie privée, Belgique).

655.645. Perfectionnements aux systèmes de téléphonie automatique (Gotthilf Ansgarius Betulander, Suède).

33.885. Filtre antidistorsion (Société des téléphones Grammont, France) (1^{re} addition au brevet, n° 631.479).

RADIOCOMMUNICATIONS.

653.308. Dispositif de syntonisation pour toutes longueurs d'ondes de T.S.F. (Société dite : Variocycles Limited, Angleterre).

653.356. Dispositif mettant à l'abri des percements les haut-parleurs capacitifs (Manfred von Ardenne, Allemagne).

653.436. Montage pour générateurs d'oscillations à haute fréquence (C. Lorenz Aktiengesellschaft, Allemagne).

653.677. Diffuseur haut-parleur pour T.S.F. (forme et principe) ; boîte de résonance, moteur, membrane (Jean Gilbert Creus, France).

653.743. Dispositif de manœuvre des condensateurs variables dans les appareils de T.S.F. (Léon Berjoan, France).

654.328. Perfectionnements aux systèmes électriques de signalisation par ondes à hautes fréquences (Le Matériel téléphonique, France).

654.367. Perfectionnements aux lampes de T.S.F. (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

654.396. Procédé de stabilisation des amplificateurs de haute et moyenne fréquence pour postes de T.S.F. (Antonio Robert, Espagne).

654.575. Isolateur pour la jonction des fils des antennes de T.S.F. et autres fils aériens (Jean Panigot et Emile Cotté, France).

654.604. Perfectionnements à la disposition des électrodes dans les tubes électroniques (Société dite : Radiowerk E. Schrack, Autriche).

654.882 Tendeur de fils pour cadres de T.S.F. (Henri Lelièvre, France).

654.907. Transformateur (Société dite : N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Pays-Bas).

654.927. Boîte d'alimentation totale pour récepteurs de radio-téléphonie (Victor Cooreman et Co, Belgique).

655.109. Système de transmission démultiplicatrice, plus particulièrement applicable pour le réglage des appareils de T.S.F., (condensateurs de fréquence, à variation de longueurs d'ondes, etc.) (Marcel Tavernier, France).

655.318. Perfectionnements dans les antennes de réception (Le Matériel téléphonique, France).

655.344. Système récepteur de signaux (Albertus Koerts, Pays-Bas).

655.393. Perfectionnement aux montages des lampes bigrilles,

plus particulièrement dans le cas de leur utilisation comme amplificateurs (Pierre Amaury, France).

655.395. Montage perfectionné pour lampes à trois électrodes (Société dite : The Gramophone Company, Angleterre).

655.436. Culot protecteur pour lampes de T.S.F. (Société dite : Chiarelli et C^{ie}, France).

655.597. Récepteur à deux ondes ou plus (Paul Knöss, Allemagne).

655.648. Perfectionnements aux dispositifs neutraliseurs de perturbations électriques pour communications radiophoniques (Henry Norman Jasper, Etats-Unis).

655.685. Perfectionnements aux systèmes électriques de signalisation (Le Matériel téléphonique, France).

655.738. Perfectionnements aux dispositifs de changement de fréquence à tubes électroniques à plusieurs électrodes (Georges Thébault, France).

655.778. Perfectionnements aux systèmes pour la transmission d'énergie radiante (Société dite : Radio Corporation of America, Etats-Unis).

33.803. Perfectionnements aux appareils récepteurs de T.S.F. et plus spécialement aux dispositifs de superréaction (Titus Konteschweller, France) (1^{re} addition au brevet n° 643.868).

33.815. Dispositif de neutralisation dans les changeurs de fréquence à bgrille (Max Gausner, France) (1^{re} addition au brevet n° 639.028).

33.843. Montage neutrodyne (Félix Michaud, France) (1^{re} addition au brevet n° 631.484).

33.851. Coupleur plus particulièrement applicable à la télégraphie et à la téléphonie sans fil et permettant d'obtenir instantanément différents montages avec le même appareil (Alfred Guéry, France) (2^e addition au brevet n° 620.182).

33.855. Cadre récepteur de télégraphie ou téléphonie sans fil et son support portatif pliant (Charles Dutel, France) (1^{re} addition au brevet n° 630.523).

TRANSMISSION DES IMAGES.

653.312. Dispositif d'émission et de réception de télévision (M.-D.-J. Castel, France).

653.590. Perfectionnements apportés à la transmission de vues ou images à distance (John Logie Baird et Société dite : Television, Angleterre).

Emploi de rayons infra-rouges pour éclairer l'objet où l'image à transmettre, lequel se trouve placé dans l'obscurité.

654.018. Procédé de décomposition et de recombinaison des images dans les installations pour la transmission des fac-similés (Telefunken gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Allemagne).

Dans ce procédé, plusieurs lignes de l'image (lesquelles dans le temps sont explorées directement les unes après les autres) ne se trouvent pas dans l'espace placées directement les unes à côté des autres, contrairement à la pratique usuelle, afin d'atténuer les effets produits par l'évanouissement des signaux (fading).

654.076. Perfectionnements aux systèmes de télévision (Westinghouse electric and Manufacturing Company, Etats-Unis).

Système optique d'enregistrement ou de reproduction pour appareil de transmission d'images à distance, comportant un certain nombre de prismes (par exemple ceux prismes tournants disposés dans la trajectoire de rayons lumineux qui sont déviés afin d'explorer l'image suivant une spirale; ce système optique est combiné à un moteur électrique comprenant un stator et deux rotors portant respectivement les deux prismes dans leurs arbres creux, un de ces rotors, étant freiné afin de tourner légèrement moins vite que l'autre.

654.493. Machine génératrice de courant pour installations téléphoniques (Société : Ateliers de construction Oerlikon, Suisse).

654.645. Perfectionnements aux cellules de Kerr et à leurs moyens de contrôle, particulièrement applicables à la télégraphie des images (Société dite : Marconi's Wireless Telegraph Company, Angleterre).

Dispositif utilisé dans les récepteurs téléphotographiques de la C^{ie} Marconi et dans lequel une tension alternative de haute fréquence, engendrée par un oscillateur à lampes local, est appliquée au condensateur de Kerr en même temps que la tension produite par le courant photoélectrique (courant d'images) venant du poste transmetteur.

654.723. Procédé de reproduction des images, etc. dans la télégraphie d'images (Société : C. Lorenz Aktiengesellschaft, Allemagne)

Ce procédé utilise comme papier de réception de l'image un papier à surface de couleur recouvert d'une mince couche de cire; un stylet, mu électromagnétiquement par le courant photoélectrique venant du poste transmetteur gratte la cire aux points correspondant aux éléments sombres de l'image transmise.

654.751. Perfectionnements aux systèmes de télévision (Société dite : Electrical Research Products, Etats-Unis).

Emploi de deux voies de transmission entre les postes de télévision correspondant, l'une transmettant une bande de 10 à 40 000 p.p.s. (courant d'images) et l'autre une bande de 8 à 18 p.p.s. (tonalité générale de l'image); on utilise une ligne téléphonique pour la première voie et une liaison télégraphique pour la seconde voie. Ainsi les images sont reproduites non seulement avec finesse mais aussi avec leurs variations de tons généraux, tout en utilisant des voies de communications commerciales usuelles.

654.754. Perfectionnements aux systèmes de télévision (Société dite : Electrical Research Products, Etats-Unis).

654.865. Moyens perfectionnés pour actionner des appareils de télévision ou autres à une vitesse prédéterminée (John Logie Baird et Société dite : Television, Angleterre).

Un moteur à vitesse constante (par exemple une roue phonique contrôlée par un diapason) actionne un commutateur tournant qui coupe à fréquence constante un courant continu. Le courant alternatif à fréquence constante ainsi obtenu alimente le moteur d'entraînement du poste de télévision (moteur asynchrone).

Dans une variante de l'invention, le moteur à vitesse constante agit sur la vitesse d'un moteur (à courant continu) d'entraînement ou poste par le jeu de rhéostats associés à des contacts tournants dont l'un est réglable d'après les observations stroboscopiques.

655.695. Perfectionnements apportés à la téléautographie (John Logie Baird et Société dite : Television, Angleterre).

655.720. Perfectionnements aux appareils de télévision (Associated Telephone et Telegraph Company, Etats-Unis).

Procédé utilisant un pinceau cathodique pour l'exploration au poste transmetteur d'un réseau de cellules photoélectriques sur lequel se forme l'image de l'objet à transmettre ; au poste récepteur l'extrémité d'un autre pinceau cathodique modulé se déplace en synchronisme sur un écran fluorescent suivant un procédé connu.

655.801. Perfectionnements aux dispositifs d'explorations pour appareils de télévision (John Logie Baird et Société dite : Television Limited, Angleterre).

Modification du disque de Nipkov dans laquelle les trous sont placés suivant plusieurs spirales concentriques (par exemple deux) correspondant à plusieurs bandes de l'image, les trous d'une spirale étant associés à des miroirs disposés dans le sens où vient la lumière d'une lampe au néon, tandis que les trous de l'autre spirale sont associés à des miroirs disposés dans le sens inverse (vers une autre lampe au néon).

33.977. Perfectionnements aux moyens de transmettre des images à distance (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France), (1^{re} addition au brevet, n° 639.105).

34.050. Perfectionnements dans la reproduction des images à distance (Marius Latour, Espagne) (1^{re} addition au brevet n° 638.662).

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Sur la stabilité des régulateurs indirects continus

(K. KÜPFMÜLLER, *Zeitschrift für technische Physik*, décembre 1928).

— Une certaine classe de dispositifs régulateurs, qu'on peut appeler *régulateurs indirects continus*, peut être représentée par le schéma de la figure 1. L'installation comprend d'abord un système de transmission M_1 . Ce système de transmission montre clairement la relation entre un système de grandeurs S_1 , qui peut varier passagèrement d'une manière quelconque, et un système de grandeur S_2 dépendant du premier et qui doit être maintenu constant par le dispositif régulateur. Dans le cas le plus simple d'un régulateur de machine à vapeur, S_1 peut, par exemple, signifier la charge variable; S_2 , la vitesse de rotation de la machine. On peut écrire la relation entre les deux grandeurs S_1 et S_2 sous la forme :

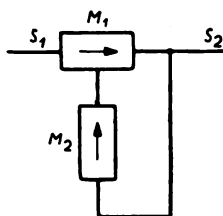


Fig. 1.

$$S_2 = A S_1. \quad (1)$$

Le « facteur de transmission » A est alors lui-même à son tour, en général, fonction de S_1 .

Le système régulateur M_2 forme le deuxième élément du dispositif de réglage. Ce système régulateur doit assurer une action continue de la grandeur S_2 sur le facteur de transmission A de telle sorte qu'un accroissement de S_2 ait pour effet une réduction de A et vice versa. On a donc :

$$A = f(S_2). \quad (2)$$

Dans le cas du régulateur de machine à vapeur, le système régulateur serait, par exemple, un régulateur centrifuge ouvrant plus ou moins une soupape d'arrivée de vapeur. La relation entre la charge

S_1 de la machine et la vitesse de rotation S_2 est modifiée de cette manière en vue du réglage.

Les rapports dynamiques relatifs à des régulateurs de ce genre ont été étudiés en détail dans un grand nombre de revues, particulièrement en vue de leur emploi dans les moteurs et l'hydraulique. Des théories d'ensemble en ont été données par R. von Mises ⁽¹⁾ et W. Hort ⁽²⁾. Le principe général de ces recherches de la stabilité consiste à établir les équations différentielles du système pour de petits écarts de la position d'équilibre. On tire de ces équations différentielles, pour la fréquence complexe, une équation caractéristique, et la condition pour la stabilité du régulateur est qu'aucune racine de cette équation ne puisse avoir une partie réelle positive.

Tandis que, dans la technique des machines, la forme de régulateur même la plus simple décrite a été presque complètement abandonnée, le principe du régulateur indirect continu a gagné de l'importance, dans ces dernières années, pour la technique des amplificateurs. Le limiteur d'amplitude pour la transmission de la parole et de la musique, certains dispositifs de réglage en vue de la compensation du « fading » dans les réceptions radioélectriques, de même que des récepteurs de radiodiffusion avec réglage automatique de l'intensité sonore, comme en ont décrit, par exemple, Wheeler, Bruce et autres, reposent sur la dérivation et le redressement d'une partie des courants de signaux venant d'un tube thermionique amplificateur; la tension continue produite est utilisée pour faire varier la tension de grille initiale d'une ou plusieurs lampes amplificatrices et réduire ainsi le gain obtenu. La grandeur S_1 représenterait donc ici, par exemple, une force électromotrice s'exerçant à l'entrée de l'amplificateur ou l'intensité du champ au voisinage de l'antenne réceptrice; S_2 signifierait la tension à la sortie de l'amplificateur ou du récepteur. Le facteur de transmission A est défini par le gain de l'amplificateur; il est influencé, en fonction de la tension de sortie S_2 , par la variation de la tension de grille initiale des

1. *Encykl. d. math. Wiss.*, Tome IV, 1^{re} partie, p. 254.

2. *Techn. Schwingungslehre* (Berlin, 1922), p. 266; et *Zeitsche f. Math. und Phys.*, 50 (1904), 233.

lampes amplificatrices en vue du réglage. Dans ces systèmes, qui peuvent comprendre, par exemple, des filtres ou des dispositifs électriques de retardement, de construction plus compliquée, la méthode d'étude théorique, précédemment mentionnée, conduit, en général, à des résultats si embrouillés, qu'elle n'est, pour ainsi dire, pas applicable dans la pratique. Dans ce qui va suivre, on montre que l'on peut, par un autre moyen, à l'aide du schéma de la figure 1, parvenir à voir clair dans la dynamique de la catégorie de régulateurs considérée.

Imaginons le système régulateur séparé et la grandeur S_2 amenée séparément d'une manière quelconque, ainsi que le montre la figure 2. Dans le cas du régulateur électrique, on aurait ainsi à appliquer une tension $S'_2 = S_2$. Si, maintenant, la grandeur S'_2 varie d'une petite quantité Δ_1 , S_2 variera aussi d'une petite quantité Δ_2 , et l'on a la relation :

$$\Delta_2 = -k \Delta_1, \quad (3)$$

dans laquelle k , pour une valeur suffisamment petite de Δ_1 , est une constante positive. Si la grandeur S_1 varie, de son côté, d'une quantité si petite qu'elle soit, il se produit une autre variation Δ_0 de la grandeur S_2 . Si le système régulateur est lié au système de transmission, la relation doit être :

$$\Delta_1 = \Delta_2 + \Delta_0. \quad (4)$$

d'où l'on tire tout d'abord :

$$\frac{\Delta_1}{\Delta_0} = \frac{1}{1+k} = R. \quad (5)$$

On peut considérer ce rapport, qui établit la relation entre la variation de la grandeur S_2 quand il existe un régulateur et la variation non soumise à un réglage, comme servant à mesurer l'exactitude statique du réglage. Par suite, nous appellerons R le *facteur de réglage*.

L'équation (4) vaut également pour le cas où le régime station-

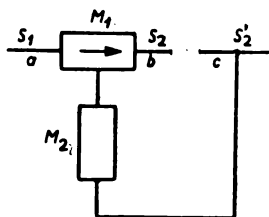


Fig. 2.

naire n'est pas encore atteint et où, ainsi, les grandeurs Δ sont fonction du temps. Pour exprimer ici Δ_2 par Δ_1 , on caractérise, pour atteindre le but cherché, le système régulateur par la fonction dite *fonction de transition*. On doit entendre par cette fonction celle qui décrit l'allure transitoire de la grandeur Δ_2 , quand Δ_1 varie soudain d'une quantité déterminée. La fonction de transition présente, en général, l'allure indiquée sur la figure 3. La variation se fait remarquer après un certain temps t_1 , qu'on appelle *temps de propagation*.

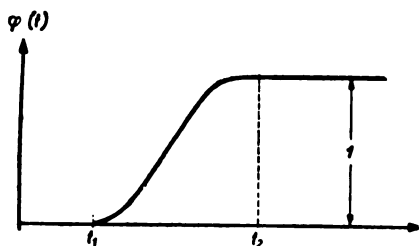


Fig. 3.

Après un temps t_2 , le processus est pratiquement achevé. Ce temps doit être appelé *période transitoire*. La fonction de transition $\varphi(t)$ peut être facilement déterminée, soit expérimentalement, soit par le calcul.

D'après un théorème de transformation connu, l'allure transitoire de la grandeur Δ_2 , sous une dépendance, pendant un temps quelconque $y(t)$, de la grandeur Δ_1 , peut alors être représentée par :

$$\Delta_2 = -k \int_0^t \varphi'(t-l) y(l) dl. \quad (6)$$

Cette représentation possède une grande analogie avec la représentation de fonction connue comme étant conforme aux sources mêmes puisées dans la physique mathématique. On pourrait presque la désigner comme une représentation pulsatoire, parce qu'elle remplace l'effet de la variation $y(t)$ par celui d'une suite d'impulsions. L'équation (4) peut donc s'écrire alors :

$$y(t) + k \int_0^t \varphi'(t-l) y(l) dl = \Delta_0(t). \quad (7)$$

$\Delta_0(t)$ représente la variation de la grandeur S , qui se produirait si le système régulateur n'existait pas. Il en résulte donc une équation intégrale du deuxième genre, dans laquelle $\Delta_0(t)$ et $\varphi(t)$ doivent être considérées comme données; cette équation fournit une des-

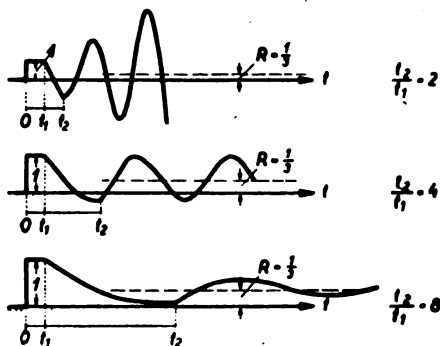


Fig. 4.

cription complète de la dynamique du régulateur indirect continu dans le cas de τ_1 petits écarts de la position d'équilibre. On peut en

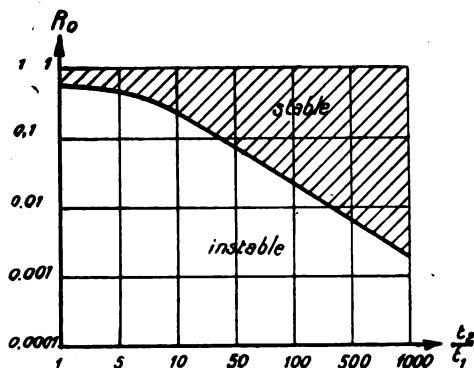


Fig. 5.

trouver la solution par des méthodes connues, soit graphiquement, soit par le calcul. Examinons brièvement quelques applications de cette équation.

Pour le cas simple où la fonction de transition croît linéairement vers sa valeur finale, la figure 4 montre l'allure transitoire d'une perturbation obtenue graphiquement, et cela pour le facteur

de réglage $R = 1/3$ et pour différentes valeurs du rapport de la période transitoire au temps de propagation. On voit que ce rapport

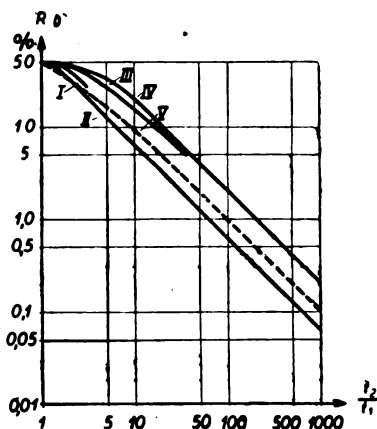


Fig. 6.

sert de mesure pour la stabilité du régulateur. C'est seulement si

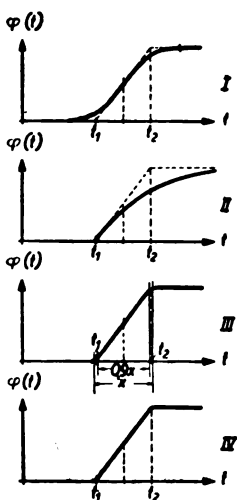


Fig. 7.

t_2/t_1 est supérieur à 4, que la perturbation décroît peu à peu. La figure 5 montre encore plus clairement le rapport fixe qui, d'après cela, existe entre l'exactitude du réglage et la rapidité de ce réglage. On obtient, pour chaque valeur du rapport t_2/t_1 , un facteur de réglage critique déterminé R_0 qui indique la limite entre l'état instable et l'état stable du régulateur. Si l'exactitude du réglage doit être par exemple de 1 %, la période transitoire doit être au moins 200 fois plus grande que le temps de propagation. La limite entre les zones stable et instable ne dépend que relativement peu de la forme de la fonction de transition. La figure 6 montre les valeurs du facteur critique de réglage pour les fonctions de transition représentées sur la figure 7, qui sont composées arbitrairement d'arcs de paraboles, de lignes droites et de courbes

représentant une fonction exponentielle. Le temps de propagation et la période transitoire, comme le montre la figure 7, sont définis, dans tous les cas, par la tangente au point où la courbe prend sa pente maximum. La ligne pointillée de la figure 6 indique les valeurs

$$R_0 = \frac{t_1}{t_1 + t_2}. \quad (8)$$

On voit que ces valeurs fournissent une certaine approximation pour le facteur critique de réglage. Pour de grandes valeurs du rapport de la période transitoire au temps de propagation, on peut donc formuler la règle approximative que voici : *Le facteur de réglage d'un régulateur indirect continu doit avoir une valeur supérieure au rapport du temps de propagation à la durée de la période transitoire.* De l'équation (7), on peut encore déduire une règle approchée pour l'amortissement passager du processus de réglage. L'exposant d'amortissement, pour une oscillation autour de la position d'équilibre, est égal à :

$$\delta = \frac{1}{T} L \frac{R}{R_0}. \quad (9)$$

Dans cette expression, T signifie la moyenne arithmétique de la période transitoire et du temps de propagation ; R_0 , le facteur critique de réglage ; R , le facteur effectif de réglage. L'exposant d'amortissement devient positif si R est supérieur à R_0 . En se basant sur l'équation (9), on peut énoncer la proposition suivante, relative à la rapidité du processus de réglage : *Le temps nécessaire pour que le régulateur passe d'un état d'équilibre à un autre est proportionnel à la moyenne arithmétique de la durée de la période transitoire et du temps de propagation et inversement proportionnel au logarithme du rapport du facteur de réglage au facteur critique de réglage.*

Les deux règles qu'on vient de donner permettent une évaluation des rapports de stabilité, même dans des cas de réseaux électriques compliqués.

INFORMATIONS.

Téléphonie automatique. — A Paris, le bureau central automatique « Gobelins » a été mis en service le 6 juillet entre 10 et 11 heures du soir.

Téléphonie internationale. — En vue de faciliter les conversations en dehors des heures de plein trafic, l'administration française, d'accord avec la plupart des administrations étrangères, a décidé que, dans le service international, la période dite « de faible trafic », durant laquelle les conversations téléphoniques bénéficient d'un tarif réduit, commencerait à l'avenir à 19 heures.

Toutefois, la période de faible trafic reste comprise entre 21 heures et 8 heures dans les relations avec l'Espagne, l'Italie et le Portugal, qui n'ont pas accepté qu'elle commence à 19 heures.

Développement du trafic téléphonique transatlantique. — Les relations téléphoniques entre la France et l'Amérique du Nord ont été inaugurées le 28 mars 1928 avec les Etats-Unis et étendues ultérieurement à Cuba, au Canada et au Mexique. Le trafic entre la France et l'Amérique du nord se développe régulièrement, mais avec des variations saisonnières en relation avec l'activité touristique, indiquant que les conversations privées forment un élément important de ce trafic; c'est ainsi que le nombre mensuel des minutes de conversation, après s'être élevé à 2626 en septembre 1928, est retombé à 1583 en janvier, puis est remonté à 2197 en mars.

Quant aux relations téléphoniques avec l'Amérique du sud, à l'heure actuelle encore limitées à la ville de Buenos-Aires, elles ont été inaugurées le 1^{er} février 1929 et se développent rapidement. Le nombre total des minutes de conversation a atteint 497 en février, 721 en mars, 841 en avril. Les relations téléphoniques Berlin—Buenos-Aires, bien qu'ayant été ouvertes trois mois environ avant les relations

Paris—Buenos-Aires, n'accusent qu'un trafic très inférieur au trafic français.

Rappelons que les communications entre la France et Buenos-Aires sont actuellement acheminées par les postes radiotéléphoniques français de Ste-Assise et de Villecresnes correspondant avec les postes argentins de Buenos-Aires, tandis que les communications avec l'Amérique du nord sont acheminées par fil jusqu'aux stations radiotéléphoniques anglaises.

Il est à remarquer que la taxe des conversations est sensiblement moins élevée dans le service avec la République Argentine (772^f,50) que dans les relations avec l'Amérique du nord (1218^f,75 avec New York).

La France assure également le transit des communications de la Belgique et de la Suisse pour Buenos-Aires ; des essais sont en cours pour le transit de l'Angleterre et de l'Italie.

Transport du courrier postal par des nageurs. —

Avant que le vapeur faisant le service entre la Nouvelle-Zélande et les îles Fidji, Tonga et Samoa n'arrive en face de la petite île de Nuiafu, dans l'archipel de Fidji, on voit l'un des marins de l'équipage se livrer à de singuliers préparatifs : il fait un tri du courrier postal, et en insère une partie dans une boîte cylindrique en étain, qu'il clôt ensuite hermétiquement. Dès que le vapeur se trouve à quelques encablures de l'île de Nuiafu, il ralentit sa marche et fait fonctionner sa sirène. Soudain, on aperçoit contre la coque du navire des têtes noires émergeant au-dessus des vagues : il y a là huit nageurs, et chacun d'eux porte une longue perche de bambou, à l'une des extrémités de laquelle est fixé un petit bâton transversal. C'est à celui-ci que se trouve attachée la dépêche, emballée dans du papier brun. Après avoir déposé ces dépêches sur le pont à l'aide de la longue perche, les nageurs prennent livraison d'une manière identique, des boîtes d'étain renfermant le courrier à destination de l'île, et regagnent aussitôt la côte à la nage. *(Basler Nachrichten.)*

Relations téléphoniques entre les divers Etats de l'Europe et avec les Etats-Unis. — Le numéro d'octobre

dernier de l'*Europäischer Fernsprechdienst* contient le tableau ci-dessous, qui montre les relations téléphoniques existantes entre les divers Etats de l'Europe.

	Albanie	Allemagne	Autriche	Belgique	Bulgarie	Danemark	Dantzig	Espagne	Estonie	Finlande	France	Grande-Bretagne	Grèce	Hongrie	Italie	Lettonie	Lithuanie	Luxembourg	Norvège	Pays Bas	Pologne	Portugal	Roumanie	Russie	Suède	Suisse	Tchéco-Slovaquie	Turquie	Yougo-Slavie	
Albanie																														
Allemagne	+		+	+	+	+	+				++	++		+	+	+	+	+	+	+	+	+				+	+	+	+	
Autriche	+	+		+		+	+				++	++		+	+		+	+	+	+	+		+		+	+	+	+	+	
Belgique	+		++			+	+				++	++		+		+	+	+	+	+						+	+	+	+	
Bulgarie																							+							
Danemark	+	+	++	+			+				++	++		+		+	+	+	+	+	+				+	+	+	+	+	
Dantzig	+		++	++	+						++	++							+	+	+	+			+	+	+	+	+	
Espagne		+									++	++							+	+	+	+	+						+	
Estonie										+						++	++					+			+					
Finlande																									+					
France	+	+	++	++	+	+	++	+			+	+		++	++			+	++	++	++	+	+		++	++	++	++	+	+
Grande-Bretagne	+	+	++	++		++	++	++			+	+		+					++	++	++	+	+		++	++	++	++		+
Grèce																										++	++	++		
Hongrie	+	+	++	++		++	++				++	++									++	++	+		++	++	++	++	+	+
Italie			++								+	+									+							+	+	+
Lettonie			++	+			+	+									+				+	+					+	+	+	+
Lithuanie			++	+		++	++	+								+				+	+	+					+	+	+	+
Luxembourg			++	++	+	++					+	+							+	+	+	+				++	++	++	++	+
Norvège	+	+	++	++	++	++					++	++							+						+	++	++	++	++	+
Pays-Bas	+	+	++	++	++	++					++	++		++	++	++	++	++						++	++	++	++	++	++	+
Pologne		++	++			++	++	+						++	++	++	++	++					++	++	++	++	++	++	++	+
Portugal		+						+			++	++												++	++	++	++	++	++	+
Roumanie					+									+									++	++				+	+	+
Russie								++	++												++	++					+	+	+	+
Suède	+	++	++	++	++	++		+	+	++	++	++							++	++	++	++			++	++	++	++	++	+
Suisse	+	++	++	++	++	++					++	++		++	++	++	++	++	++	++	++	++					+	+	+	+
Tchéco-Slovaquie	+	++	++	++	++	++					++	++		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	+
Turquie																														
Yougo-Slavie		++				+					+			++	++								+							

Elles sont au nombre de 135, sur les 406 connexions possibles.

Il faut y ajouter 10 nouveaux circuits internationaux en construction et plus de 40 en projet.

Enfin les Etats-Unis sont en relations téléphoniques avec 14 de ces états, marqués par une croix dans la première colonne verticale, auxquels il faut ajouter le Canada, Cuba et le Mexique. (*Telephony.*)

BIBLIOGRAPHIE.

Cours d'électricité industrielle : Tome I : *L'électricité dans la science de l'ingénieur*, par A. DEFRETIN, ingénieur en chef du service électrique à l'Association des industriels du nord de la France. Paris, Hermann et C^{ie}, 1929. 1 vol. in-8° de 582 pages, avec de nombreuses figures et 66 photographies hors texte. — Prix : 95 francs.

Le cours complet (3 volumes) sera la reproduction des leçons professées par l'auteur à l'Institut industriel du nord de la France, à Lille.

Le premier volume, consacré à l'étude de la production, de l'utilisation et de la transformation de l'énergie électrique, comprend deux parties : la première renferme une théorie générale des principaux phénomènes mis à profit dans les appareils électriques ; la seconde partie est consacrée à l'étude des machines génératrices et moteurs à courant continu, alternateurs, moteurs synchrones, moteurs asynchrones, moteurs à collecteurs, transformateurs, convertisseurs, commutateurs, redresseurs. La théorie des machines est présentée avec toute la rigueur désirable, mais sans développement mathématique fastidieux : elle est accompagnée de nombreux exemples concrets et de nombreuses applications numériques, d'un caractère vraiment pratique. Des figures claires et simples, une collection de très belles photographies rendent la lecture de cet ouvrage facile et attrayante.

R. B.

Hydrodynamique générale, Fluides parfaits et visqueux, Ailes d'avion, par H. BOUSSE. Paris, Delagrave, 1928. 1 vol. in-8° de 483 pages, avec 229 figures.

Ce nouveau volume de la « Bibliothèque scientifique de l'ingénieur et du physicien » est le premier d'une série de trois ouvrages devant

traiter respectivement de l'Hydrodynamique générale, de la Résistance des fluides et de l'Etude expérimentale des tourbillons.

La théorie classique qui s'applique à un fluide parfait, c'est-à-dire ne présentant pas de surfaces de discontinuité pour la vitesse, laquelle dérive d'une manière unique d'un certain potentiel, est longuement exposée dans la première partie de l'ouvrage. Elle sert d'ailleurs pour les développements ultérieurs que nécessite l'exposé de la théorie de Joukowski-Kutla (fluide parfait avec potentiel des vitesses à déterminations multiples), ou celle de Prandtl qui tient compte des phénomènes de viscosité.

Bien que l'étude de la résistance soit réservée pour le deuxième volume, les cas simples de la sphère, du cylindre circulaire, du cylindre quelconque (aile d'avion) viennent illustrer les théories exposées dans le présent volume et font comprendre la nature et la limitation des solutions hydrodynamiques.

Par une étude détaillée de cas particuliers, cet ouvrage amène le lecteur à bien voir l'enchaînement des propositions usuelles et à faire son profit des théories modernes, ainsi que de leurs applications, en particulier à l'aviation.

V.-L. D.

ERRATA.

Nous tenons à rectifier quelques erreurs qui ont modifié le sens du texte des notes bibliographiques parues dans notre dernier numéro :

- | | | | |
|-----------|------------------------|----------------------|--|
| Page 677. | 3 ^e ligne, | au lieu de : « en », | lire : « un » ; |
| | 18 ^e ligne, | — | : « sur », lire : « sous » ; |
| | 27 ^e ligne, | — | : « vue », lire : « suc » ; |
| Page 678, | 16 ^e ligne, | — | : « et les discussions », lire : « et d'éclairer les discussions » ; |
| Page 679, | 6 ^e ligne, | — | : « répétées », lire : « rejetées ». |

Le gérant :

HENRI DÉVÉ.

DOCUMENTATION.

Les analyses suivantes se rapportent à des articles parus dans les périodiques français et étrangers reçus par le Service d'études et de recherches techniques de l'administration des Postes et Télégraphes : elles sont rédigées par des fonctionnaires de ce service et signées de leurs initiales. Elles sont imprimées avec une pagination spéciale et sur un seul côté des feuillets de façon que l'on puisse, soit les relier à part, soit les découper pour en constituer un répertoire par fiches. Dans ce dernier cas, le classement en sera facilité par les nombres inscrits en tête des analyses, qui correspondent au classement décimal dont nous avons publié la table dans le numéro de janvier.

14. La production organisée et son aspect colonial (J. Amar, *Vie technique et industrielle*, décembre 1928 et nos suivants). — Série d'articles très documentés dans lesquels l'auteur étudie l'organisation scientifique du travail. V.-L. D.

18. L'emploi des machines à copier dans la comptabilité télégraphique internationale (J. Jacob, *La technique moderne*, 1^{er} février 1929). — Reproduit dans *Annales P.T.T.*, mai 1929.

32. L'affaiblissement des lignes dont la résistance et la self-induction dépendent du courant (Ulfilas Meyer, *Journal télégraphique*, février 1929). — Il s'agit ici des longs câbles télégraphiques Krarup. Partant de l'hypothèse d'une relation linéaire entre l'inductance et l'intensité du courant d'une part et entre la résistance et l'intensité du courant d'autre part, hypothèse justifiée dans le domaine des champs magnétiques faibles, l'auteur établit de façon simple une formule approximative donnant l'accroissement d'affaiblissement dû à l'hystérésis ; cet accroissement d'affaiblissement est indépendant de la longueur de la ligne et est d'autant plus grand que la partie de la résistance kilométrique qui est indépendante du courant est plus petite ; il dépend d'autre part de l'intensité du courant à l'entrée de la ligne, c'est-à-dire de la tension d'excitation. L'intensité du courant à la sortie de la ligne n'est pas proportionnelle à l'intensité à l'entrée ; dans un exemple cité par l'auteur, si l'on double l'intensité à l'entrée de

la ligne, l'intensité à la sortie n'est augmentée que de 35 %.

P.M.

32. Dispositif de retransmission de signaux électriques (*L'Electricien*, 1^{er} février 1929). — Les signaux sont reçus dans un oscillographe, dont le spot lumineux est renvoyé sur une cellule photo-électrique après interposition d'un diaphragme qui élimine les parasites d'intensité supérieure ou inférieure à celle des signaux. La cellule est placée dans l'espace grille-plaque d'une lampe triode. Sur le circuit filament-plaque est placé le primaire d'un transformateur dont le secondaire est sur la ligne de retransmission. Enfin, sur le trajet des rayons lumineux incidents et réfléchis, est placé un disque perforé tel qu'il y ait au moins deux perforations pour la durée du signal minimum reçu. Chaque signal retransmis se composera donc d'une série d'impulsions.

A. L.

33 et 43. Lignes électriques aériennes (W. B. Woodhouse, *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, février 1929). — Rapport sur des essais entrepris : 1^o pour déterminer la résistance de différents types d'appuis constitués par des poteaux bois ; 2^o pour étudier l'action du vent sur les appuis et sur les câbles des lignes aériennes.

Dans ces essais, les poteaux étudiés ont été des poteaux simples, des poteaux contrefichés en A, des poteaux coupés en H, des poteaux moisés du type français, des poteaux du type Ruthier, et enfin des poteaux du type Wedmere.



**INSTALLATIONS
TÉLÉPHONIQUES**
de tous genres et
de toutes capacités

**INSTALLATION
ENTRETIEN
LOCATION
VENTE**

COMPAGNIE DES TÉLÉPHONES

Telegraphes.
ELIUMICRO
— 15 — PARIS

THOMSON-HOUSTON

Société Anonyme. Capital, 60 Millions de Frs

254, rue de Vaugirard, PARIS (15^e)

Telephone:
SEGUR 88 30
à 88 25

Notices, tarifs et renseignements franco sur demande.

Les deux derniers types d'appuis se rattachent aux poteaux moisés ordinaires ; mais le glissement relatif des deux poteaux est rendu impossible par des clavettes de bois placées entre eux. En outre, le type Wedmore est constitué par deux poteaux qui ont subi, par flexion de leur partie inférieure, une certaine tension initiale de leurs fibres externes, et une compression initiale de leurs fibres internes. Sous l'effort que les poteaux subiront ultérieurement, les fibres travailleront alors à un taux de traction accru, et à un taux de compression amoindri. On bénéficie ainsi du fait que le taux admissible de travail du bois à la traction est supérieur à son taux à la compression.

Les essais entrepris pour étudier l'action du vent ont été effectués à l'aide du tunnel aérodynamique du National Physical Laboratory. Ils ont été conduits en vue de déterminer la pression subie par des poteaux cylindriques, des câbles toronnés, en fonction de la vitesse du vent. Les résultats obtenus sont publiés dans différents tableaux joints à l'article.

V.-L. D.

37. La télévision ou transmission à distance des images animées (M. Belas, *Technique moderne*, 1^{er} mars 1929). — L'auteur étudie d'abord les principes généraux de la télévision, les appareils nécessaires et les difficultés que l'on rencontre pour la transmission, le synchronisme et les sources lumineuses. Il décrit ensuite d'une manière générale les différentes solutions adoptées pour l'exploration de l'image à transmettre, la modulation et la reproduction de l'image.

Enfin il passe rapidement en revue, avec schémas et photographies à l'appui, les principaux dispositifs réalisés : dispositifs du Bell System, appareil Dauvilliers, appareil Belin-Holweck, appareil Valensi. A. L.

39. Contribution à l'étude de l'amélioration des conditions de réception des signaux télégraphiques par l'emploi de certains dispositifs terminaux (L.-J. Collet, *Annales P. T. T.*, mars 1929).

41. Le service universel et le téléphone automatique rural (R. Loubatié et V. di Pace, *Annales P. T. T.*, février 1929).

41. Introduction de l'appel à fréquence musicale dans les circuits à deux fils munis de répéteurs de la Reichspost (W. Weinitzschke, *T. F. T.*, mars 1929). — Sur ces circuits, on employait autrefois l'appel à 25 p.p.s., qui exigeait des montages spéciaux dans les stations de répéteurs ; d'autre part, l'emploi de la télégraphie infra-acous-

tique, qui utilise les fréquences inférieures à 300 p.p.s., a conduit à adopter pour les circuits à deux fils, le même procédé d'appel que pour les circuits à quatre fils, soit 500 p.p.s., modulé ou interrompu à 20 p.p.s. L'auteur décrit l'installation d'appel pour circuits à quatre fils et le nouveau système pour circuits à deux fils de la maison Siemens. Dans ce nouveau système, on n'a pas interruption du courant à 500 p.p.s. ; mais les machines d'appel produisent les fréquences de 500 et 520 p.p.s., qui sont envoyées sur les circuits avec la même amplitude. L'auteur décrit aussi une installation particulière aux câbles germano-suédois, dans laquelle il n'y a ni interruption ni modulation du courant à 500 p.p.s.

P. M.

43 et 33. Lignes électriques aériennes (W. B. Woodhouse, *Journal of the I. E. E.*, février 1929). — Voy. sous le n° 33.

46. Téléphone automatique rural (M. Chauveau, *Bulletin de la S^{te} française des Electriciens*, février 1929). — Exposé sommaire des conditions imposées par l'administration des P. T. T. aux automatiques ruraux et du dispositif établi par l'auteur.

P. M.

47. Mesure des effets perturbateurs exercés sur les lignes téléphoniques par les installations d'énergie (L. Rochmann, *E. T. Z.*, 21 mars 1929). — Les effets d'induction ou d'influence électrique d'une ligne d'énergie sur un circuit téléphonique voisin dépendent de la hauteur et de l'importance relative des divers harmoniques que comprend la courbe d'intensité ou la courbe de tension de l'installation perturbatrice. L'ensemble constitué par un récepteur téléphonique et l'oreille offre une sensibilité différente aux sons de diverses tonalités. D'autre part, les intensités ou tensions de fréquences différentes ne produisent pas les mêmes effets d'induction sur une ligne parallèle. Telles sont les considérations qu'il faut envisager dans l'étude des effets perturbateurs d'une ligne d'énergie. L'auteur indique quelques définitions qu'on est amené à introduire dans cette étude, et montre comment peuvent être mesurées les grandeurs ainsi définies.

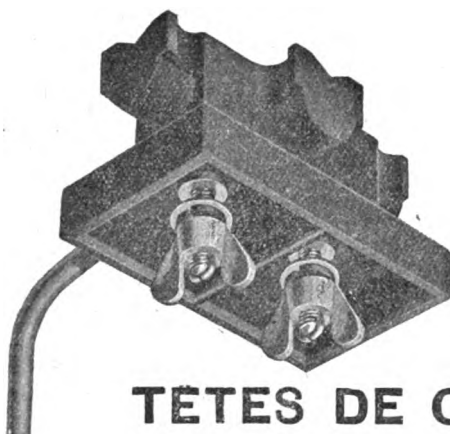
L.-J. C.

48. Nouveau dispositif pour la mesure des temps de fonctionnement des relais téléphoniques (Bruno Piecker, *Zeitschrift für Fernmeldetechnik*, janvier et février 1929). — L'auteur examine les différents facteurs qui déterminent le temps de venue au travail et le temps de retour au repos d'un relais.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE
ARGENTEUIL (S.-&-O.)

R. C. : VERSAILLES 6467

GARDY



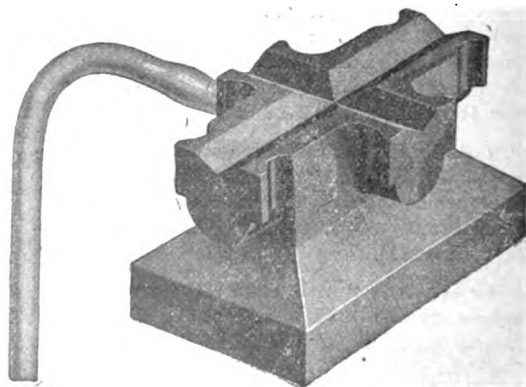
TÊTE DE CABLE
N° 10675

*Vue montrant
 les 2 bornes de connexion
 des conducteurs*

TÊTES DE CABLE
EN MATIÈRE MOULÉE
POUR CABLES A DEUX CONDUCTEURS
PERMETTANT LE RACCORDEMENT
DÈS LIGNES TÉLÉPHONIQUES
AUX POSTES D'ABONNÉS

TÊTE DE CABLE
N° 10675

*Vue montrant
 les rainures destinées
 à la fixation sur consoles*



MARQUE



DÉPOSÉE

Il décrit un dispositif robuste, constitué par des relais, permettant d'enregistrer sur une bande Morse ces temps de fonctionnement; les causes d'erreur dues aux variations intempestives des caractéristiques des relais auxiliaires sont éliminées par des réglages effectués au cours des essais. La vitesse moyenne de déroulement de la bande de papier (1^m,25 par seconde) permet des mesures d'une sensibilité satisfaisante.

R. B.

49. **Un fil d'acier qui écoute et qui parle** (*Je sais tout*, février 1929). — Article de vulgarisation décrivant le fonctionnement du mnémophone Stille. Le principe de cet appareil, modification du télégraphe de Poulsen, consiste en l'enregistrement et la reproduction des sons par les modifications de l'état magnétique d'un fil d'acier qui se déroule devant des électro-aimants. A. L.

50. **Quelques applications nouvelles de la T.S.F.** (Ferrié, *Annales P.T.T.*, mars 1929).

51. **La liaison radiotéléphonique France—Argentine** (*Industrie électrique*, 25 février 1929). — Description sommaire du poste employé : antenne en daniier pour émissions dirigées sur ondes courtes chirón; poste émetteur stabilisé au quartz fonctionnant sur une longueur d'onde de 15 mètres, poste récepteur à double changement de fréquence avec antenne identique à l'antenne d'émission. A. L.

53. **La fabrication des filaments à oxyde de baryum** (*Industrie électrique*, 10 mars 1929). — Etude des différents procédés de fabrication des filaments à âme de platine ou de nickel recouverte d'oxyde de baryum.

A. L.

55. **Propagation des ondes hertziennes** (A. Butaric, *Industrie électrique*, 25 mars 1929). — Rappel des constatations expérimentales sur la propagation des ondes courtes et longues et des hypothèses de Kennelly-Heaviside. Relations entre la météorologie et la propagation des ondes. A. L.

57. **Amplification des ondes radioélectriques courtes** (*Industrie électrique*, 15 mars 1929). — Etude des différents procédés de superréaction et de la détection par lampe. L'auteur arrive à conclure que, dans le cas de superhétérodyne, la détection se fait uniquement par la courbure de la caractéristique de plaque et non par la grille. A. L.

58. **Le claquage des isolants solides en haute fréquence** (*Technique Moderne*, 15 février 1929). — Résultats de mesure des ten-

sions de claquage de lamelles de verre, de mica et de porcelaine en haute fréquence et dans différents milieux. Cette tension diminue beaucoup quand la fréquence et la température s'élèvent pour le verre et la porcelaine; elle reste sensiblement constante pour le mica. A. L.

61. **Les théories modernes du magnétisme** (L. Bruninghaus, *R.G.E.*, 9 et 16 février 1928). — Etude de mise au point des idées actuelles sur l'origine du magnétisme et sur les lois des phénomènes (théorie du diamagnétisme et du paramagnétisme de M. Langevin; du champ particulière de M. Weiss; propriétés énergétiques des corps ferromagnétiques; théorie du magnéton).

L.-J. C.

61. **La loi de Laplace et les propriétés magnétiques d'un élément de courant** (M. Devaud, *R.G.R.*, 9 mars 1929). — L'action d'un champ magnétique sur un élément de courant est un effet observable et mesurable. De la formule exprimant cette action, on peut tirer la loi de Laplace, en supposant que le champ magnétique est dû à un pôle. En fait, un pôle n'est jamais isolé. On peut toutefois réaliser le champ différent suffisamment peu de celui d'un pôle isolé, dans une certaine région. Il est souvent intéressant d'utiliser des formules exprimant l'action magnétique d'un élément de courant sur un pôle. La plus simple des formules qui se présentent a l'inconvénient de ne pas satisfaire au principe d'égalité de l'action et de la réalisation quand on l'associe à la formule certaine donnant l'action d'un pôle sur un élément de courant. La première formule indique que l'effet produit se trouve représenté par une force exercée sur le pôle. L'action d'un pôle sur un élément de courant est représentée par une force appliquée sur l'élément de courant. L'auteur montre que toute difficulté disparaît si l'on admet que, d'accord avec le principe d'égalité de l'action et de la réaction, l'action d'un élément de courant sur la matière qui porte un pôle se compose d'une force appliquée sur le pôle et d'un couple. Il montre d'ailleurs que le couple résultant de l'action d'un circuit fermé est toujours nul. Ces considérations conduisent encore à l'expression de l'action réciproque de deux éléments de courant l'un sur l'autre.

L.-J. C.

62. **Les équations aux dimensions des grandeurs électriques et magnétiques** (P. Kalandaroff, *R.G.E.*, 16 février 1929). — Dans le système absolu d'unités où les grandeurs fondamentales sont la longueur le temps et



INSTRUMENTS DE PRÉCISION

Mesures Electriques

Télégraphie

-- Géodésie --

Navigation Maritime

et Aérienne

Optique

etc...

SIÈGE SOCIAL ET BUREAUX :

20, Rue Delambre, PARIS-XIV^e

Téléph. { Danton 65-43
Danton 65-44
Danton 65-45
Danton 65-46

Adresse
Télégraphique :
Ruhmkorff-Paris-43

ATELIERS :

Département Électricité : 14, 16, 18, 20, 22, Rue Delambre

Département Mécanique : 86, Grande-Rue, à Montrouge (Seine)

Téléphone : Vaugrard 02-03

Département Navigation et Optique : 98, Bd du Montparnasse

AGENCES FRANÇAISES :

Alès, Bordeaux, Brest, Caen, Cherbourg, Clermont-Ferrand,
Dijon, Epinal, Grenoble, Lille, Lorient, Lyon, Marseille, Metz,
Montluçon, Nancy, Nantes, Reims, Rouen, Saint-Etienne,
Strasbourg, Toulon, Toulouse, Tours.

la masse, on doit, pour établir les équations aux dimensions des grandeurs électriques et magnétiques sous la forme $L^a M^b T^c$, convenir que soit la constante diélectrique, soit le coefficient de perméabilité, sont des nombres abstraits. On définit ainsi deux systèmes. D'autre part, on peut compléter les équations aux dimensions en faisant figurer comme grandeurs fondamentales la constante diélectrique et le coefficient de perméabilité. Mais les dimensions du produit de ces grandeurs sont déterminées en fonctions de L , M et T . Ainsi quatre grandeurs fondamentales sont suffisantes.

L'auteur montre qu'en adoptant comme grandeurs fondamentales : la longueur, le temps, la quantité d'électricité et le flux magnétique on obtient, pour les grandeurs électriques et magnétiques, les équations aux dimensions remarquablement simples. Ces grandeurs peuvent être classées en quatre groupes, dont trois (électrique, magnétique et énergétique) comportent des grandeurs se correspondant l'une à l'autre, quant à la forme de leurs équations aux dimensions.

L.-J. C.

62. **Les caractéristiques des circuits contenant une bobine d'inductance à noyau de fer et des condensateurs** (P. Kalantaroff, *R.G.E.*, 2 mars 1929). — Mettant à profit les procédés graphiques indiqués par M. Béthenod dans l'étude du transformateur à résonance, l'auteur détermine les caractéristiques de courant, en fonction de la tension ou de la fréquence, d'un certain nombre de systèmes simples : bobine d'inductance, condensateur et résistance en série ou en parallèle, circuit comportant des appareils en série, etc... Plusieurs résultats d'expérience sont indiqués, qui vérifient les conclusions tirées de l'étude graphique.

L.-J. C.

69. **Le chauffage électrique des habitations** (P. Bergeon, *Technique moderne*, 15 janvier 1929). — Actuellement, le chauffage électrique, plus avantageux que le chauffage au charbon au point de vue du rendement calorifique, de la main-d'œuvre, de l'entretien et de la propreté, n'est pas économique, dans la majeure partie des cas, à cause du prix élevé de l'énergie électrique. Ce mode de chauffage ne deviendrait intéressant que pour un prix d'énergie variant de 12 à 30 centimes le kilowatt-heure. Ce prix n'est admissible à l'heure actuelle que pour les producteurs d'énergie

par chute d'eau ; mais l'auteur pense qu'il pourrait être obtenu aussi en utilisant, dans les centrales thermiques modernes, de mauvais charbons, à grande teneur en cendre, notamment les déchets de tirage et de lavage des mines de houille.

P. M.

71. **Résolution graphique des problèmes relatifs aux lignes de transmission en courant alternatif** (F.M. Denton, *Journal A.I.E.E.*, janvier 1929). — L'auteur utilise une méthode graphique pas à pas, comportant l'emploi d'une feuille de célophane. Il est à craindre qu'en opérant ainsi les erreurs ne s'ajoutent et ne prennent une grande importance.

P. M.

72. **Relations entre la symétrie des phénomènes physiques et leur représentation au moyen de vecteurs ou de tenseurs** (A. Liénard, *R.G.E.*, 26 janvier 1929). — On représente généralement, en mécanique et en physique, certaines grandeurs au moyen de vecteurs. Or les vecteurs que l'on est amené à considérer se partagent en deux catégories : les vecteurs polaires et les vecteurs axiaux. La distinction repose sur la différence de symétrie des phénomènes représentés par les vecteurs. Cependant, tout phénomène représentable par un vecteur axial serait beaucoup mieux représenté par un certain tenseur symétrique gauche, conjugué de ce vecteur. Des exemples sont donnés, empruntés à la théorie de l'électricité et du magnétisme. L'intérêt que présente l'emploi de tenseurs au lieu de vecteurs, quand la nature du phénomène le comporte, est de bien marquer la dissimilitude qui existe entre certains phénomènes qui peuvent cependant être représentés par des équations de même forme lorsqu'on ne cherche à saisir qu'un de leurs aspects.

L.-J. C.

75. **Mesure de l'impédance acoustique de l'oreille humaine** (W. West, *Post Office Electrical Engineers Journal*, janvier 1929). — En vue de la détermination des caractéristiques absolues des récepteurs téléphoniques dans les conditions habituelles de fonctionnement, il est utile de remplacer l'oreille humaine par une oreille artificielle, équivalente acoustiquement. L'auteur étudie dans le présent article le moyen de déterminer l'impédance acoustique de l'oreille et de réaliser un ensemble ayant des propriétés analogues.

P. C.

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

- LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE, 3, rue Thénard, Paris (5^e).**
- CONSTRUCTION DES LIGNES AÉRIENNES (1)** par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (3^e édit., 1 vol. autogr., de 362 p., et 188 fig.)..... 25 fr.
- CONSTRUCTION DES LIGNES SOUTERRAINES (1)**, par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 346 p., 153 fig. et 17 pl.)... 3 fr.
- COURS DE PROTECTION DES LIGNES télégraphiques et téléphoniques contre les lignes d'énergie (1)**, par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr., de 493 p., 65 fig. et 2 pl.)..... 35 fr.
- COURS D'INSTALLATIONS TÉLÉPHONIQUES**, par MILON, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. typogr., de 46 p., 294 fig., 15 pl.)..... 45 fr.
- COURS D'EXPLOITATION TÉLÉGRAPHIQUE (1)**, par L. RAYNAL, ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr. de 175 p.)..... 18 fr.
- PRINCIPES GÉNÉRAUX D'EXPLOITATION TÉLÉPHONIQUE (1)**, par MILON, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 272 p. et 20 fig.)... 18 fr.
- TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SANS FIL (1)**, par VEAUX, ingénieur en chef des P.T.T., (1 vol. typogr. de 320 p. et 362 fig.)..... *(En réimpression)*
- COURS SUR L'ORGANISATION ET LE CONTRÔLE DE L'EXPLOITATION DES BUREAUX TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES (1)**, par LEVEAU, chef de bureau téléphonique hors classe breveté, (1 vol. autogr., de 190 p.)..... 18 fr.
- COURS D'EXPLOITATION POSTALE** par FERRIERE chef de bureau des P.T.T. (2 vol. typogr. de 241 et 306 p.)..... 40 fr.
- COURS DE COMPTABILITÉ et de droit budgétaire (1)**, par FERET DU LONGBOIS directeur au ministère des Finances (1 vol. typogr., 3^e éd., 156 p.)..... 15 fr.
- CONFÉRENCES DE COMPTABILITÉ industrielle et commerciale**, par G. VALENSI ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr. de 276 p.)..... 18 fr.
- COURS DE MACHINES (1)**, par M. SAUVAGE, inspecteur général des Mines (1 vol. autogr., 207 p., 70 fig.)..... 15 fr.
- COMPLÉMENTS DE MATHÉMATIQUES (1)**, par B. COLLIN, agrégé de l'Université, professeur au lycée Saint-Louis et à l'Ecole supérieure des P. T. T. (1 vol. autogr. de 84 p.)..... 7 fr.
- COURS ÉLÉMENTAIRE DE TÉLÉPHONIE (2)**, par Louis GRELAUD, contrôleur principal des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 180 p. et 127 fig.)..... 22 fr.
- COURS D'ÉLECTRICITÉ (2)** (*Application à la téléphonie et à la télégraphie à l'usage des agents mécaniciens et du Personnel des P. T. T.*), par Ch. SUCHET, ingénieur des P.T.T., (3^e édit. 2 vol. typogr. de 299 p. et 236 p.) Tome I, 30 fr.; Tome II, 22 fr.
- COURS DE MULTIPLES TÉLÉPHONIQUES (2)** (*à l'usage des agents mécaniciens, et du Personnel des P. T. T.*), par Paul JOLY, ingénieur en chef des P.T.T. 2^e édit. 1 vol. autogr., 519 p., 147 fig. et un atlas de 70 pl.)..... 60 fr.
- COURS DE TÉLÉPHONIE AUTOMATIQUE (2)** (*à l'usage des agents mécaniciens et du Personnel des P. T. T.*), par Ch. PETIT, ingénieur en chef des P.T.T. (2 vol.).
Livre I (415 pages, 162 fig. et 39 pl. hors-texte) 55 fr.
Livre II *(en impression)*
- MANUEL DE L'OUVRIER** des lignes aériennes télégraphiques et téléphoniques, par L. DROUET, ingénieur en chef des P. T. T. (3^e éd., 1 vol. typogr. 13 x 18, de 254 p. et 158 fig.)..... 18 fr.

(1) Cours professé à l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes.

(2) Cours professionnels.

LAMPES DE T.S.F.

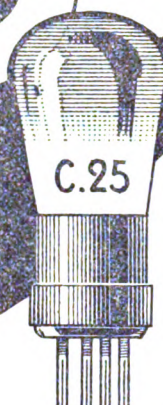
FOTOS



AMPLIFICATION
HAUTE-MOYENNE-BASSE
FRÉQUENCE
DETECTRICE



AMPLIFICATION BASSE FRÉQUENCE



AMPLIFICATION
BASSE
MOYENNE
FRÉQUENCE

NOUVELLE SÉRIE
DE LAMPES DE RÉCEPTION A TRÈS FORTE
ÉMISSION ÉLECTRONIQUE
FABRICATION
GRAMMONT

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

(Suite)

-
- COURS DE T. S. F.** (à l'usage des **commis des P. T. T.** destinés au service de l' **T. S. F.**), par VEAUX, ingénieur en chef des P. T. T. (1 vol. typogr. de 366 p., 351 fig. et 6 pl.)..... 35 fr.
- INSTRUCTION SUR LA CONSTRUCTION**, et l'entretien des lignes aériennes (1927) (1 vol. relié, de 344 p., 100 fig. dont 1 pl. hors texte), 3^e éd..... 18 fr.
- INSTRUCTION PROVISOIRE SUR LA CONSTRUCTION** et l'entretien des lignes souterraines (1924) (1 vol. relié, de 260 p., 122 fig.)..... 22 fr.
- INSTRUCTION SUR LA COMBINAISON DES CIRCUITS** et leur appropriation à la télégraphie et à la téléphonie simultanées (1921) (1 plaquette reliée de 26 p., 20 fig et 2 pl. hors texte), 2^e éd..... 4 fr. 50
- INSTRUCTION SUR LA PROTECTION** des installations télégraphiques et téléphoniques de l'Etat contre les courants industriels (1918) (1 vol. relié, de 140 p.)..... 8 fr.
- INSTRUCTION SUR LES ESSAIS** et mesures électriques et le relèvement des dérangements de lignes et de postes (1927) (1 vol. relié, de 188 p. et 42 fig.) 3^e éd..... 12 fr.
- INSTRUCTION SUR L'INSTALLATION** et l'entretien des postes téléphoniques d'abonnés (1921) (1 vol. relié, de 64 p. et 22 fig. dont 7 pl.), 2^e éd..... 7 fr.
- INSTRUCTION SUR L'INSTALLATION** des bureaux télégraphiques principaux (1919) (1 vol. relié, de 86 p., 64 fig. dont 33 pl.)..... 10 fr.
- INSTRUCTION SUR L'INSTALLATION** de l'éclairage électrique à l'intérieur des locaux (19.0) (1 vol. relié, de 74 p., 32 fig. dont 3 pl. hors texte). (*En réimpression*.)
- INSTRUCTION SUR L'ENTRETIEN** et le réglage des appareils télégraphiques (1920) (1 vol. relié, de 154 p. et 39 fig.)..... *En réimpression*.
- LA TECHNIQUE TÉLÉGRAPHIQUE EN FRANCE** depuis l'origine, par R. MONTORIO, inspecteur des P.T.T. (1 vol. typogr., de 240 pages, 113 fig. et 21 portraits hors texte). 4 fr.
- LA POSTE MILITAIRE EN FRANCE** (Campagne 1914-1919), par A. MARTY, inspecteur général des P. T. T., chargé de la Poste militaire aux armées au Grand Quartier Général (1 vol. 16 × 25 de 139 p.)..... 9 fr.
- CONDITIONS D'INSTALLATION** des bureaux de poste, de Télégraphe et téléphone (une plaquette 13 × 18 de 47 p.)..... 2 fr. 50.
-

GAUTHIER-VILLARS, 55, Quai des Grands-Augustins, Paris (6^e) :

DE LA PROPAGATION DU COURANT TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE (THE PROPAGATION OF THE ELECTRIC CURRENTS, par J.-A. FLEMING) : traduit de l'anglais par RAVUT, ingénieur des P.T.T. (1913). — 1 vol..... 32 fr.

COURS D'ÉLECTRICITÉ THÉORIQUE (1), par POMEY, inspecteur général des P.T.T. (1914). — 2 vol. Tome I..... 35 fr.

Tome II..... 100 fr.

INTRODUCTION A LA THÉORIE DES COURANTS TÉLÉPHONQUES ET DE LA RADIOTÉLÉGRAPHIE, par POMEY, inspecteur général des P.T.T. (1920) 60 fr.

ANALOGIES MÉCANIQUES DE L'ÉLECTRICITÉ, par POMEY, inspecteur général des P.T.T. (1921)..... 20 fr.

RADIOTÉLÉGRAPHIE, RADIOTÉLÉPHONIE, RADIO-CONCERTS, par E. REYNAUD-BONIN, ingénieur en chef des P.T.T. — 1 vol..... 15 fr.

(1) Cours professé à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes.

ACCUMULATEURS DININ

pour T. S. F. — STANDARDS TÉLÉPHONIQUES
et toutes applications

SOCIÉTÉ DES ACCUMULATEURS ÉLECTRIQUES

(Anciens Établissements Alfred DININ)

Société Anonyme au Capital de 10.000.000 de francs

18, rue de Cherbourg, NANTERRE (Seine)

Maison de vente à PARIS : 49, rue Saint-Ferdinand (XVII^e)

Succursale à Lyon : 181, avenue de Saxe



LES

CABLES DE LYON

MANUFACTURE DE FILS ET CABLES ÉLECTRIQUES
DE LA COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ S. A. CAP 130 MILLIONS

SIÈGE SOCIAL : 54, RUE LA BOÉTIE, PARIS

DIRECTION ET BUREAUX À LYON :

418-420, AVENUE JEAN-JAURÈS

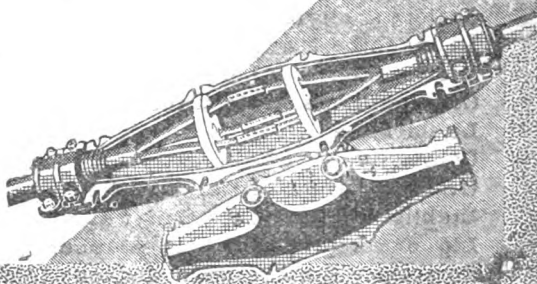
USINES : 41, RUE DU PRÉ GAUDRY, 41

SUCCURSALE À PARIS :

16, RUE DE LA BAUME, 16 — TÉLÉPHONE : ÉLYSÉES 45-98

AINSI QUE DANS LES PRINCIPALES VILLES DE FRANCE

Tous fils et câbles
électriques isolés
Accessoires pour
réseaux souterrains



SOCIÉTÉ ANONYME DES TUBES DE VALENCIENNES ET DENAIN

CAPITAL : 5.500.000 FRANCS

Siège social et Usine à VALENCIENNES (Nord)

Maison à Paris : 16 bis à 24, Passage d'Angoulême

Tubes soudés et sans soudure pour tous usages

TUBES CARRÉS

pour lignes électriques

Adresser la correspondance à Valenciennes

Téléphone : 117 VALENCIENNES

R. C. Valenciennes 499

MANUFACTURE DE FILS & CABLES ÉLECTRIQUES

Spécialités de Cordons pour Récepteurs, Combinés, Standards, etc...

Cordons pour T.S.F.

Établissements A. MEUNIER, VERGNAUD & C^{ie}

Société à responsabilité limitée — Capital 200.000 francs

Fournisseur des P.T.T.

BUREAUX ET ATELIERS :

3, Rue Rigaud, 3

LE BOURGET (Seine)

REGISTRE DU COMMERCE :

SEINE n° 221.671

Téléphone : NORD 64-67

Gare : BOURGET-DRANCY

Tramways 52 et 72

INDEX

Pages

DOCUMENTATION	D. 35, D. 36, D. 37, D. 38
BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES P.T.T	8, 10, 12
Compagnie des Téléphones Thomson-Houston	2
Société française Gardy	4
Ateliers J. Carpentier	6
Grammont	9
Société alsacienne de constructions mécaniques	11
Compagnie française des câbles télégraphiques	13
Société anonyme Siemens-France	14
La machine à affranchir Havas	14
Société anonyme Lidgerwood	15
Compagnie générale transatlantique	16
Le Carbone	17
Compagnie des Lampes	17
Grand Bazar de l'Hôtel-de-Ville	18
Etablissements Gaiffe-Gallot et Pilon	18
Lignes télégraphiques et téléphoniques	19
Société d'Etudes pour liaisons téléphoniques et télégraphiques à longue distance	20
Association des ouvriers en instruments de précision	20
Société industrielle des Téléphones	21
Forges et ateliers de constructions électriques de Jeumont	22
Ecole Berlitz	23
Louvroil et Recquignies	24
Chauvin et Arnoux	24
Le Matériel Téléphonique	25
Société des Téléphones Ericsson	26
Société des accumulateurs électriques	27
Les Câbles de Lyon	27
Société anonyme des tubes de Valenciennes et Denain	27
Etablissements A. Meunier, Vergnaud et C ^{ie}	28
Ecole spéciale des Travaux publics	III
Société française des Appareils Creed	IV

Engineering
Library

OCT 11 1929

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS
D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3 RUE THÉNARD PARIS, V^e

ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

Revue mensuelle publiée par les soins
d'une commission nommée par
LE MINISTRE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

La commission des *Annales* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs et qui peuvent ne pas refléter la doctrine de l'administration; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

RÉDACTION : 20, RUE LAS CASES, PARIS 7^e.

Téléphone : Ségur 46.43 et 45.59.

Pour tout ce qui concerne les abonnements et la publicité, s'adresser à l'éditeur :

LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE,
3, rue Thénard, Paris 5^e.

TABLE DES MATIÈRES.

La fabrication automatique des carnets de timbres-poste, par L. DEMOULIN, directeur de l'atelier de fabrication des timbres-postes	789
Le service de la télégraphie sans fil, par E. PICAULT, ingé- nieur en chef des Postes et Télégraphes, directeur du service de la T.S.F.	795
Le bureau automatique « Carnot », par G. POCHOLLE, J. ROUVIÈRE et A. LABROUSSE, ingénieurs des Postes et Télégraphes (suite et fin).	813
Sur les relations entre les caractéristiques de fréquence et les phénomènes transitoires dans les systèmes linéaires, par K. KÜPFMÜLLER	836
BREVETS D'INVENTION.	870
REVUE DES PÉRIODIQUES : Sférographe, appareil téléphogra- phique de la Société française radioélectrique	874
INFORMATIONS : Nouveaux timbres-poste français. — Extension du réseau téléphonique en câbles souterrains à grande distance.	880
BIBLIOGRAPHIE	883
DOCUMENTATION	D. 39

LA FABRICATION AUTOMATIQUE DES CARNETS DE TIMBRES-POSTE,

par L. DEMOULIN,

directeur de l'atelier de fabrication des timbres-poste.

Méthode ancienne. — Dans un article précédent (¹), nous avons signalé que l'adaptation des rotatives Chambon à la fabrication des timbres-poste permettrait ultérieurement la confection automatique des carnets de timbres, obtenus jusqu'ici par un procédé très lent dont on pourra d'ailleurs juger d'après la description succincte de ses différentes phases.

Les timbres devant être insérés dans les couvertures sont d'abord imprimés en feuilles de 240 figurines comportant la matière de douze carnets ; celles-ci sont ensuite gommées, puis découpées en deux parties pour leur permettre de passer dans les machines à perforer. Les demi-feuilles perforées sont alors groupées avec des feuilles de couvertures, de mêmes dimensions, qui contiennent pareillement six carnets et sont fournies par le concessionnaire de la publicité. Pour cela, l'ouvrière prend une feuille de couverture et, s'aidant de points de repère situés aux deux extrémités, la pique dans deux aiguilles fixes et enfilées, placées à distance convenable. Elle prend ensuite une feuille de timbres-poste, qu'elle pique de la même façon. L'ouvrière constitue ainsi des cahiers superposés, où les différentes feuilles se présentent dans un ordre rigoureux. Au moyen des fils fixés aux aiguilles, elle attache à chacune de leurs extrémités les feuilles constitutives d'un cahier. Ceux-ci passent alors sur des machines à piquer, où ils sont munis de six agafes métalliques. Après cette opération, les cahiers sont pliés à la main dans le sens longitudinal, rangés par paquets, puis façonnés et débités en carnet à l'aide de massicots. A ces multiples opérations, il faut

1. *Annales des P.T.T.*, avril 1925.

ajouter les nombreux comptages et vérifications qui ont lieu nécessairement après chacune d'elles, car elles s'échelonnent sur plusieurs semaines et sont effectuées par un personnel différent.

Méthode nouvelle. — On voit que cette fabrication est fort compliquée et que, dans la confection proprement dite des carnets, l'intervention du machinisme est très restreinte ; au surplus, les machines utilisées ne sont pas automatiques.

Le prix de revient des carnets étant de plus en plus élevé, la consommation en progression constante, l'atelier avait été amené depuis quelques années, à rechercher des simplifications de méthodes. Or le système d'impression des timbres-poste en feuilles ne s'y prêtait pas. Pour envisager notamment une confection automatique, il fallait tout d'abord résoudre le problème de la fabrication des timbres sur rotatives, c'est-à-dire en bobines. Dès que celle-ci fut mise au point, de nouvelles études furent entreprises avec la maison Chambon, qui avait construit les presses rotatives à imprimer.

On envisagea tout d'abord la réalisation d'une machine unique, qui, employant du papier gommé, imprimerait simultanément les timbres et les couvertures, perforerait les vignettes et confectionnerait les carnets. Cette idée était certainement très ingénieuse et réalisable ; mais, après un examen plus approfondi, on se rendit compte qu'un tel appareil serait bien compliqué, sujet à des dérangements fréquents et par conséquent d'un faible rendement. Il parut préférable de sérier les difficultés et d'envisager une machine pour la seule confection des carnets, laquelle emploierait des bobines de timbres et de couvertures préalablement imprimées sur des presses rotatives fonctionnant en synchronisme absolu. Puis il fut admis, dans un but de simplification, que les agrafes métalliques des carnets pourraient être remplacées sans inconvénient par un collage.

Une machine de ce type vient d'être construite ; elle est en service depuis quelques mois.

L'atelier imprime et perfore, sur l'une des rotatives Chambon qui ont déjà été décrites ici, des bobines où les timbres sont disposés transversalement sur la bande de papier en deux groupes de dix portant une réclame sur les deux grands côtés et entourés d'une

marge dans tous les sens. D'autre part, le concessionnaire de la publicité imprime au recto et au verso, en bobines, sur une rotative de type similaire les couvertures correspondantes. Ces deux types de bobines, d'un diamètre maximum de 40^{cm}, sont enroulées sur un noyau de carton, montées sur un axe et disposées respectivement sur la machine en A et en B (fig. 1). La bande des couvertures passe entre deux cylindres d'entraînement C, puis dans un dispositif D où une couche de gomme très adhésive, d'un demi-centimètre de largeur, est déposée sur la partie médiane et forme une ligne continue. Pendant le même temps, la bande des timbres se déroule et vient en contact avec celle des couvertures pour s'engager entre des cylindres E qui entraînent les deux bandes, lesquelles passent entre deux cylindres d'appel F (fig. 2), qui assurent la pression nécessaire au collage et dont l'un porte une nervure qui trace un pli pour favoriser le pliage. Les bandes ainsi groupées entrent ensuite dans un appareil G qui les coupe transversalement ; la partie sectionnée est pliée par un couteau I qui s'abaisse, et le carnet qui se trouve ainsi constitué tombe dans une boîte de réception H, où il est recueilli par paquets comptés. L'appareil de coupe porte un compteur qui assure le contrôle de la fabrication. Pour permettre les réglages, c'est-à-dire pour permettre de modifier la vitesse de déroulement des bobines, les axes A et B portent des joues munies d'une gorge dans laquelle se trouve un frein formé d'une courroie en cuir portant des patins en bois et sur laquelle on agit à l'aide de dispositifs de tension K et L. A noter que l'engagement initial des bandes doit être fait de manière que les impressions correspondent rigoureusement. De plus, les parties défectueuses des bandes de timbres et de couvertures ont été, au moment du tirage, signalées par des pavillons de couleur qui émergent des bobines. Lors de leur passage dans la machine, les carnets incorrects correspondants sont naturellement éliminés par un desservant.

La machine est actionnée électriquement par un moteur d'un demi-cheval. Son rendement peut être très variable, suivant que les bobines qui l'alimentent sont plus ou moins bien constituées. On sait notamment qu'il n'est pas possible d'obtenir des bobines d'un tel diamètre sans raccords de la bande de papier. Ceux-ci doivent

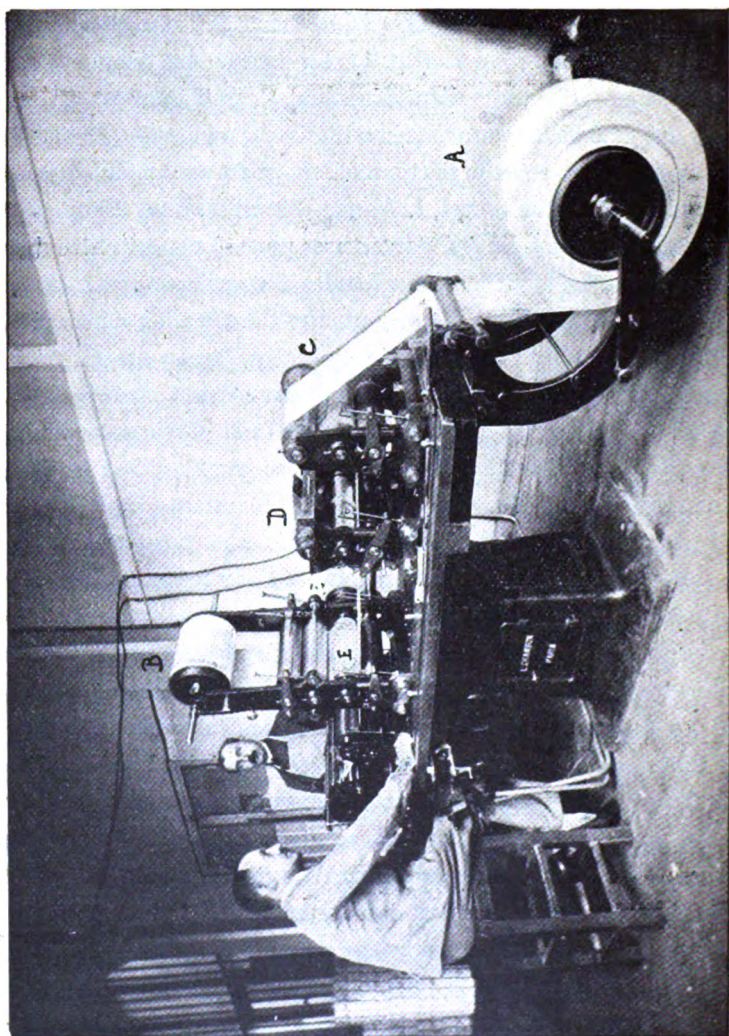


Fig. 1.

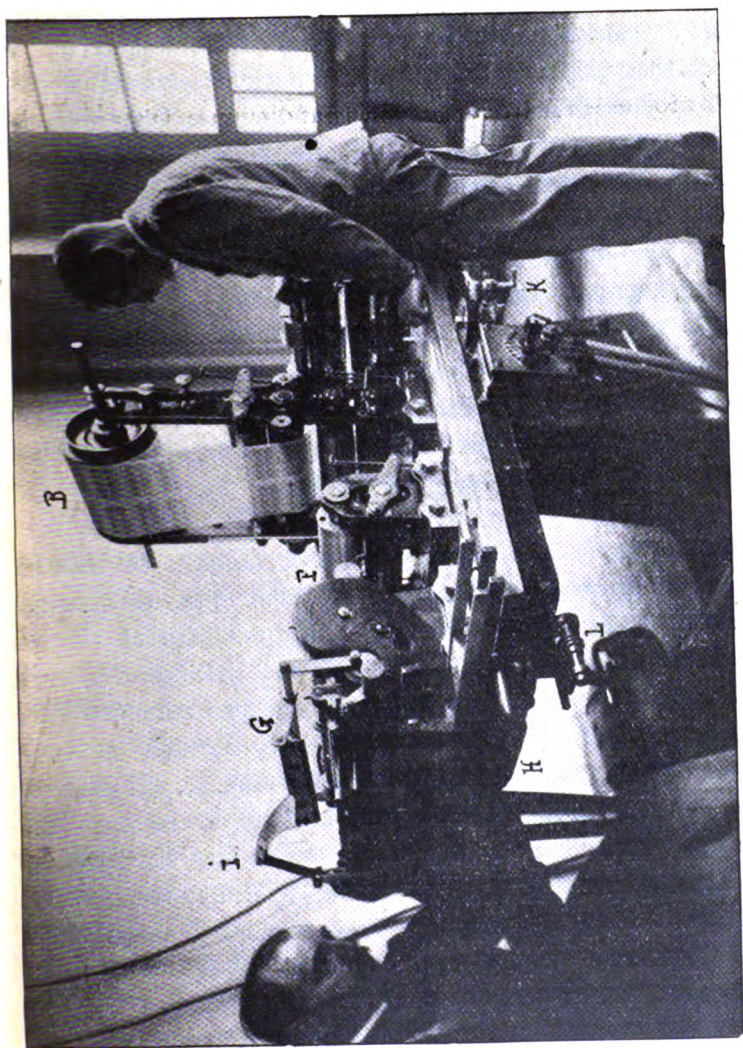


Fig. 2.

être faits de manière qu'il n'y ait pas discontinuité dans les impressions, c'est-à-dire que ces dernières soient absolument repérées par superposition. Dans le cas contraire, la concordance entre les bandes de timbres et de couvertures est rompue, et il faut se livrer à des réglages délicats et parfois longs, pendant la durée desquels les carnets débités sont incorrects. Pour peu que ces défauts se répètent, la production se trouve sensiblement diminuée. D'autres causes peuvent influencer le fonctionnement de la machine : le papier est une matière extrêmement sensible, dont les dimensions se trouvent modifiées après le tirage par la pression qu'il vient de subir et l'humidité qui lui a été communiquée par le dépôt d'encre et même par l'état hygrométrique de l'air. Or, dans la circonstance, on doit travailler des bobines qui ont été imprimées à des dates et dans deux ateliers différents, avec des papiers qui ne sont pas de même nature et dont la surface n'est pas recouverte du même dépôt d'encre. On remédie à ces inconvénients dans une certaine mesure en agissant délicatement sur les freins des porte-bobines.

Avantages. — L'emploi de cette machine, qui a été imaginée spécialement pour nos besoins, a donc présenté quelques difficultés au début. Il a fallu que ses desservants se familiarisent avec son fonctionnement, recherchent les causes des défauts et les moyens appropriés pour y parer. Depuis quelques semaines cependant, il semble bien que l'on possède toute la pratique nécessaire pour tirer de l'appareil le maximum de rendement, qui peut être fixé en moyenne à 30.000 carnets par jour. Pour assurer cette fabrication, y compris l'impression préalable des timbres, six unités sont nécessaires, alors qu'il en faut vingt avec l'ancien système. L'administration réalisera donc une économie importante de main-d'œuvre lorsque l'atelier sera doté d'un nombre suffisant de machines pour faire face entièrement aux besoins de la consommation.

LE SERVICE DE LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL, (1)

par E. PICAULT,

Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes,
directeur du Service de la T.S.F..

L'emploi de la T.S.F. dans les communications télégraphiques et téléphoniques, tel qu'il est réalisé actuellement, résulte de particularités de la transmission radiotélégraphique, que je dois d'abord rappeler brièvement.

L'onde émise par un poste émetteur est rayonnée dans tout l'espace, et elle peut être reçue soit par un poste déterminé, fixe ou mobile, soit par un ensemble de correspondants placés dans une certaine zone ; c'est, dans ce dernier cas, le principe de la radiodiffusion, bien connu de tous les amateurs de la radiotéléphonie, et qui trouve également son application en radiotélégraphie dans la transmission des télégrammes à destinations multiples, adressés principalement à des services d'information. Les postes émetteurs consomment généralement une puissance électrique élevée ; leur utilisation coûte très cher, alors que, dans les communications par fil, la dépense d'énergie est insignifiante.

La réception des ondes radioélectriques dépend de la syntonie du poste émetteur ; dans certains services, comme le service de sécurité de la navigation, il y a intérêt à ce que la syntonie du poste émetteur ne soit pas trop poussée, pour que ses correspondants perçoivent facilement les appels ; dans d'autres cas, au contraire, il y a intérêt à ce que la syntonie du poste émetteur soit très grande, de manière que des communications de longueurs d'onde voisines puissent être établies.

1. Conférence faite dans l'amphithéâtre de l'Ecole professionnelle su périeur des postes et télégraphes le 12 avril 1929.

En raison de l'accroissement considérable du nombre des communications radioélectriques, on s'efforce de pousser autant que possible la syntonie des postes émetteurs, de manière à éviter qu'une communication ne vienne troubler les communications voisines.

La propagation des ondes issues d'un même poste se fait d'une manière différente aux diverses heures de la journée : la nuit, elle est plus facile que le jour ; elle est également plus régulière, ce qui permet d'atteindre des distances considérables ; c'est pourquoi la plupart des communications à grande distance ne pouvaient se faire que la nuit, tant que l'on se bornait à employer les ondes longues, et que, avec les ondes courtes, il est souvent nécessaire de prévoir une importante vacation de nuit. Les conditions de propagation sont d'ailleurs très variables aux différents jours de l'année ; en certains jours, elles sont très mauvaises et les communications ne peuvent être assurées qu'avec de grandes difficultés.

Enfin les communications radiotélégraphiques sont souvent gênées par des parasites ayant pour cause les phénomènes d'électricité atmosphérique. L'élimination des parasites a été une des grandes préoccupations des ingénieurs radioélectriciens au cours des dernières années.

Dans l'utilisation des ondes électriques, on distingue les ondes longues et les ondes courtes. A l'origine de la radiotélégraphie, on a utilisé des longueurs d'onde de plus en plus élevées, correspondant à des fréquences de plus en plus basses, et pour atteindre de grandes distances on a employé des longueurs d'ondes élevées qui permettent de développer dans des antennes suffisamment étendues une puissance importante. Pour fixer les idées, la grande station de Croix d'Hins, qui a été établie voici une dizaine d'années, utilise une longueur d'onde de 19.100 mètres et permet de développer dans l'antenne une puissance de 450 kilowatts ; malgré cette énorme puissance, l'émission de la station n'est reçue à très grande distance que la nuit.

Depuis quelques années, à la suite d'essais faits par les amateurs de T.S.F., des longueurs d'onde inférieures à 100 mètres ont pu être utilisées pour exécuter du trafic à très grande distance. A la différence des ondes longues qui se propagent suivant la surface de la

terre, les ondes courtes semblent s'écarter de cette surface et se réfléchir sur une couche située à 80 ou 100 kilomètres au dessus du sol et se rendre de là au poste correspondant. Bien que la puissance électrique mise en jeu dans les communications par ondes courtes soit moins considérable que celle qu'absorbent les stations à ondes longues, il faut cependant, pour assurer un service régulier, utiliser une puissance assez élevée, et il serait vain de penser établir un service public en employant une puissance de quelques watts comme l'ont fait les amateurs ; de telles communications ne se propageraient pas régulièrement : elles seraient trop souvent troublées par les parasites locaux du centre récepteur pour qu'il soit possible de faire un trafic régulier. En fait, les postes à ondes courtes en service rayonnent une puissance d'au moins 500 watts et consomment à l'alimentation une puissance beaucoup plus élevée ; il convient d'ailleurs de noter que la puissance rayonnée est d'autant plus faible pour un même poste que la longueur d'onde est elle-même plus faible, le rendement du poste diminuant quand la longueur d'onde diminue.

Actuellement, la plupart des communications à très grande distance comme le sont celles d'Europe avec l'extrême-orient (Inde, Indochine française, Japon), peuvent être faites par ondes courtes sur des longueurs d'ondes comprises entre 15 et 40 mètres, avec des puissances variant de 8 à 15 kilowatts en ce qui concerne l'énergie rayonnée pour des postes absorbant une trentaine de kilowatts à l'alimentation. La longueur d'onde qui permet d'atteindre un correspondant déterminé dépend de l'époque de l'année ; elle n'est pas la même le jour que la nuit, ni l'été que l'hiver. C'est ainsi que la longueur d'onde de 38 mètres, qui a été utilisée pendant la plus grande partie de l'hiver pour assurer les communications avec l'Indochine, a été remplacée, depuis la fin de mars, par la longueur d'onde de 25 mètres. Les communications de jour sont établies par une longueur d'onde plus faible que la longueur d'onde de nuit et variant elle-même avec la saison.

Les ondes courtes se propagent dans de bonnes conditions au cours de l'été, pendant lequel les ondes longues se transmettent mal. L'emploi des ondes courtes a permis d'améliorer considérablement les communications à grande distance : alors que précédem-

ment, pendant l'été, il arrivait que, à très grande distance, la transmission sur ondes longues fût impossible durant plusieurs jours, cet inconvénient à disparu quand la communication a pu être assurée par ondes courtes. Par contre, au cours de l'hiver, la propagation des ondes courtes donne encore lieu à des difficultés et, pour assurer le trafic, il est utile de faire appel aux ondes longues. Il semble, d'ailleurs, que l'emploi des ondes dirigées permette d'augmenter le nombre des heures pendant lesquelles l'utilisation des ondes courtes assure de bonnes communications.

L'emploi des ondes courtes a permis de réaliser des ondes dirigées dans une direction déterminée ; pour les services entre points fixes, il est avantageux de concentrer dans la direction du poste correspondant la majeure partie de l'énergie produite par le poste émetteur. Depuis les débuts de la T.S.F., cette question avait été étudiée, mais les solutions proposées n'avaient pu être appliquées en pratique, car de bons projecteurs doivent avoir des dimensions qui soient plusieurs fois la longueur d'onde, ce qu'il était impossible de réaliser avec des longueurs d'onde de plusieurs milliers de mètres. Au contraire, les antennes pour ondes dirigées de courte longueur d'onde peuvent être réalisées ; ce sont, d'ailleurs, des installations encombrantes. Une antenne à deux baies pour ondes de 18 à 25 mètres est portée par trois pylônes alignés, de 75 mètres de hauteur et distants de 150 mètres ; les haubans extrêmes sont attachés à 90 mètres des pylônes, donnant un encombrement total de près de 500 mètres en longueur.

* * *

Ces propriétés de la transmission radiotélégraphique ont permis d'établir divers types de service.

On appelle *service unilatéral* celui dans lequel un poste émetteur transmet à un correspondant qui dispose seulement d'un poste récepteur les messages qui lui sont destinés. La raison d'un tel service est que l'établissement d'un poste récepteur capable de faire du service est beaucoup plus facile que l'établissement d'un poste émetteur et beaucoup moins coûteux. Des communications

unilatérales ont été installées au début de la création des services à grande distance; elles permettaient d'utiliser les grandes stations qui se trouvaient peu occupées par les services bilatéraux et d'améliorer leur rendement, tout en donnant des communications directes et à bon marché à des localités mal reliées au réseau de câbles. Par contre, ces services présentaient de nombreux inconvénients, et actuellement ils tendent à disparaître, soit parce que l'on place des postes émetteurs susceptibles de correspondre avec la France aux points où se trouvaient des stations qui n'étaient munies que de postes récepteurs, soit parce qu'il a été possible de grouper plusieurs des postes récepteurs pour former un réseau de postes de faible puissance, reliés à un poste central de grande puissance qui établit une communication bilatérale à très grande distance. C'est, par exemple, ce qui vient d'être réalisé en Afrique occidentale française : voici quelques années, des communications unilatérales étaient établies entre Paris et divers postes de cette colonie : Lomé, Dakar, etc... ; ces communications unilatérales ont été supprimées et le grand poste de Bamako est devenu centre de transit pour tous ces postes ; il assure une communication bilatérale avec la France et il est relié aux divers postes de la colonie directement par fil ou sans fil.

Un service important particulier à la T.S.F. est le *service d'informations* dans lequel on utilise la propriété qu'ont les émissions radiotélégraphiques d'atteindre tous les correspondants situés dans une certaine zone : c'est ainsi qu'actuellement les agences de presse des divers pays transmettent par radiotélégraphie des messages d'information destinés à un certain nombre de correspondants. Pour assurer le secret desdits messages, on utilise un code qui n'est connu que des correspondants autorisés à les recevoir. L'émission des messages d'information est faite à des heures fixées à l'avance, soit par un poste spécialement affecté à ce service, soit par un poste utilisé pour une communication ; dans l'un et l'autre cas, une installation spéciale doit être faite au bureau central radiotélégraphique.

Le *service bilatéral* est établi par des stations munies l'une et l'autre d'un poste émetteur et d'un poste récepteur ; il peut être fait à l'alternat ou par duplex. Quand le poste émetteur et le poste récepteur sont dans un même local, il est impossible de recevoir l'envis-

sion du correspondant quand le poste émetteur transmet ; il est donc nécessaire d'alterner les transmissions dans chaque sens. Le service est duplex quand la transmission a lieu en même temps dans les deux sens ; on obtient ce résultat en écartant dans chaque station les postes émetteur et récepteur à une distance suffisante et en utilisant des longueurs d'onde différentes pour la transmission dans les deux sens. La transmission duplex, constituant le mode le plus par-

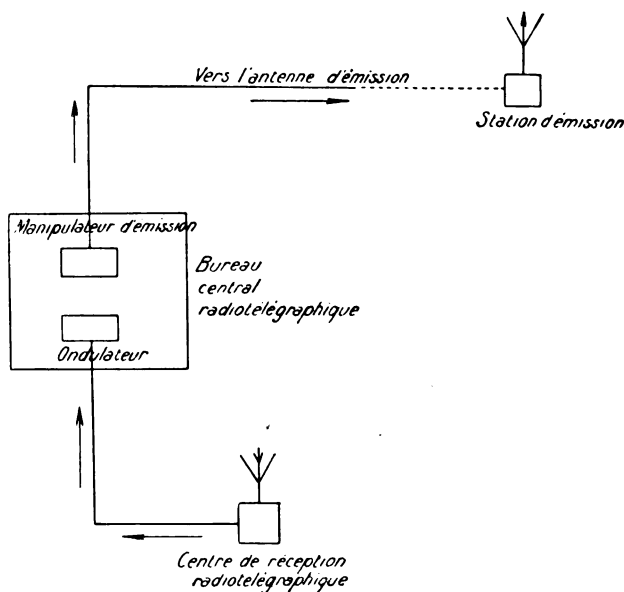


Fig. 1.

fait de transmission radiotélégraphique, a donné lieu à l'exploitation par bureau central radiotélégraphique, qui est actuellement appliquée pour les liaisons entre stations fixes dans tous les pays du monde, et qui est réalisée suivant le principe suivant.

Les stations d'émission sont réparties sur divers points du territoire ; elles sont manipulées à partir d'un bureau central, placé au centre du réseau télégraphique (fig. 1). Chaque station travaille sur une longueur d'onde déterminée, non susceptible de brouiller les correspondants. La réception des messages se fait en un centre récepteur qui est relié au bureau central radiotélégra-

phique. Le courant produit dans l'appareil du centre récepteur par les émissions des correspondants, convenablement amplifié et transformé en courant de fréquence téléphonique, est transmis par fil au bureau central radiotélégraphique, où les signaux sont reçus et agissent sur des onduleurs ou sur des appareils imprimeurs.

En France, le bureau central radiotélégraphique est à Paris ; il est relié par tube pneumatique au poste central des télégraphes, centre du réseau, et il est relié par fil aux stations d'émission ; celles-ci sont réparties sur l'ensemble du territoire : la Doua près de Lyon, Croix d'Hins près de Bordeaux, St Pierre-des-Corps près de Tours, Paris (postes militaires de la tour Eiffel et d'Issy-les-Moulineaux). Dans chaque station, se trouvent plusieurs postes : à Lyon, par exemple, se trouvent cinq postes, dont un de grande longueur d'onde (FYN) utilisé pour les communications avec l'Amérique du nord, l'Afrique occidentale française, l'Egypte et certaines communications européennes ; deux postes dits à ondes moyennes (FYO et FYP) assurent le trafic à destination de la Pologne et de la Suède, et deux postes à ondes courtes (de 15 à 38 mètres) assurent le trafic à très grande distance avec l'Indochine, l'Amérique du sud, l'Afrique suivant les heures. Chacun de ces postes est relié au bureau central radiotélégraphique de Paris par un fil spécial, la manipulation se fait à ce bureau central, et à la station, ne se trouve plus que la suite des relais qui servent à actionner le poste radiotélégraphique.

La réception des télégrammes émanant des divers correspondants est faite au moyen d'appareils radiotélégraphiques placés dans un centre récepteur, installé actuellement à Villejuif, qui comprend les cadres et antennes servant à recevoir les ondes émises par le correspondant et les ensembles récepteurs amplificateurs et anti-parasites qui permettent de recevoir au téléphone les signaux émis par les correspondants. Mais la réception des signaux n'est faite à Villejuif que pour les communications particulièrement difficiles. Pour la majorité des réceptions, les signaux reçus à Villejuif sont transformés et amplifiés de manière à donner un courant de fréquence téléphonique, qui est conduit par un circuit spécial au bureau central radiotélégraphique de Paris, où a lieu l'enregistrement des signaux à l'onduleur. La réception et l'émission se trouvent côte

à côté et la communication télégraphique peut être exploitée comme une liaison télégraphique ordinaire. Ainsi les télégrammes originaux de la France parviennent directement au bureau central radiotélégraphique de Paris, d'où est commandée l'émission des postes radiotélégraphiques, et de même les télégrammes destinés à la France sont reçus sur la bande du bureau central radiotélégraphique de Paris, d'où ils sont envoyés par tube pneumatique au poste central, qui assure leur acheminement vers les destinataires. Les télégrammes en faible nombre d'ailleurs, reçus au centre de Villejuif sont transmis au poste central par fil direct.

Ce mode d'exploitation, fait par l'intermédiaire d'un bureau central placé au centre de communications du pays, assure les meilleures conditions d'acheminement des radiotélégrammes en évitant les longs délais qu'entraînent inévitablement les retransmissions d'un bureau à un centre radiotélégraphique d'émission. Les conditions seront encore meilleures quand le bureau central radiotélégraphique sera installé dans l'immeuble contenant l'un des bureaux centraux télégraphiques de Paris et bénéficiera de toutes les liaisons de ce dernier.

L'établissement de récepteurs radiotélégraphiques avec enregistrement est une question difficile, qui a été résolue d'une manière très satisfaisante par les ingénieurs du Service de la T.S.F.. C'est ainsi que, actuellement, les réceptions à ondes moyennes, assurant les liaisons avec les postes européens, les réceptions à ondes courtes du Service de la T.S.F. ont été montées d'après les plans établis par les ingénieurs de ce service et sous leur direction.

L'enregistrement des télégrammes permet de travailler à grande vitesse, en employant le code Morse. Les vitesses de transmission utilisées en radiotélégraphie varient suivant les conditions de propagation et atteignent jusqu'à 120 mots par minute. Plus qu'en télégraphie par fil, il est nécessaire de travailler à grande vitesse, car dans la transmission radiotélégraphique il arrive souvent que les conditions de propagation soient mauvaises pendant une partie de la journée, et qu'il faille utiliser au mieux la période favorable. Les appareils télégraphiques employés pour la commande automatique par bande perforée sont les mêmes que ceux qu'on utilise en télégraphie par fils.

Jusqu'ici, le code Morse avait presque exclusivement été employé aux communications radiotélégraphiques internationales. Depuis quelques années, l'appareil Baudot a commencé à être introduit dans l'exploitation et à être adopté comme appareil international, et il n'y a aucun doute qu'il ne fasse une brillante carrière en radiotélégraphie.

Les possibilités de trafic sont très grandes et permettent d'acheminer d'une manière satisfaisante un trafic beaucoup plus important que celui qui se présente actuellement, à condition que les postes soient suffisamment nombreux.

La transmission des mots et chiffres du langage parlé n'est pas la seule opération que permettent de faire les postes radiotélégraphiques ; il est également possible de moduler l'émission d'un poste de manière à assurer la transmission des courants téléphoniques et la transmission des images, suivant les procédés modernes. C'est ainsi que la téléphonie sans fil entre abonnés de réseaux téléphoniques différents a pu entrer récemment en service commercial, d'abord sur ondes longues entre l'Angleterre et l'Amérique du nord, puis sur ondes courtes entre Paris et l'Amérique du sud et entre l'Allemagne et l'Amérique du sud.

La télégraphie sans fil permet d'assurer des liaisons entre les réseaux terrestres et les navires en mer ; c'est d'ailleurs la liaison avec les navires entre eux et avec les côtes qui a été l'origine du service radiotélégraphique. A cet effet, des stations côtières de T.S.F. sont établies en des points convenablement choisis du littoral. Le service côtier s'est d'abord présenté comme ayant pour principal objet d'assurer la sécurité de la vie humaine en mer, et les bases de sa première organisation ont été établies par la conférence de Londres en 1912. A cette époque, les postes émetteurs utilisés étaient des postes à ondes amorties, dont les émissions pouvaient être reçues, au moins à courte distance, au moyen de récepteurs à galène du type le plus simple ; il a suffi de fixer à 600 mètres la longueur d'onde du service de sécurité pour que les postes de bord, dont les opérateurs sont à l'écoute sur un récepteur réglé pour cette longueur d'onde, puissent recevoir les appels de tout navire se trouvant dans le voisinage. C'est là l'origine du ser-

vice de sécurité, qui a permis de sauver de nombreuses vies humaines.

Dès le début de ce service, des stations côtières avaient été organisées par l'administration des P.T.T.. Deux des stations actuelles : Ouessant et Sainte-Maries-de-la-Mer, sont encore installées dans les bâtiments de ces anciennes stations, qui avaient été placées aussi loin que possible en mer, en raison de la faible portée des émetteurs employés à cette époque. La transmission des messages à un navire quelque peu éloigné ne pouvait d'ailleurs se faire, au début, que par l'intermédiaire de nombreuses retransmissions. Il n'en est plus de même actuellement, en raison des perfectionnements apportés aux méthodes de réception et d'émission. Les stations côtières du littoral français communiquent fréquemment avec des postes situés sur la côte de l'Amérique du nord ou à son voisinage immédiat. Il n'est donc plus indispensable de placer les stations côtières dans des endroits très éloignés en mer. En fait, on a renoncé à cette pratique, sauf quand les besoins de la navigation exigent la présence d'une station côtière en un point écarté.

Il s'est bien vite superposé à ce service de sécurité un service commercial qui donnait aux passagers des navires la facilité de correspondre avec la terre. Actuellement, ce service commercial est devenu très important, et les progrès réalisés dans l'établissement des communications radioélectriques permettent d'atteindre les paquebots à très grande distance.

Les stations côtières assurent actuellement ces deux services ; elles sont spécialisées dans l'un ou l'autre. Le service de sécurité est exécuté sur la longueur d'onde de 600 mètres. Pour lui garder son caractère de simplicité, tout en améliorant les conditions de la transmission, la conférence internationale qui s'est tenue à Washington en 1927 a décidé que ce service serait fait par ondes entretenues modulées, sur la longueur d'onde de 600 mètres. De cette manière, les émissions des stations côtières peuvent être reçues sur un simple récepteur à galène, et il est possible d'obtenir une syntonie suffisante pour éviter de troubler les communications faites sur des longueurs d'ondes voisines et notamment la réception des concerts et des diverses émissions de radiodiffusion. La station de Marseille, qui est munie d'un poste à ondes modulées, utilise une modulation

à la fréquence de 800 périodes, qui convient parfaitement à la réception au téléphone. Les stations qui assurent le service de sécurité sont, à l'heure actuelle, celles de Boulogne-sur-Mer, Ouessant, Bordeaux-Port, Marseille, Bonifacio.

Le service de communication à grande distance sur ondes entretenues pures, exécuté sur les longueurs d'onde de 2.000 à 2.400 mètres, est exclusivement consacré au service commercial entre les stations côtières et les grands paquebots, qui sont munis à cet effet de postes récepteurs et émetteurs de types perfectionnés, desservis par un personnel compétent. Pour améliorer les conditions d'acheminement des télégrammes, les stations nouvelles qui assurent ce service sont reliées par fil direct aux centres télégraphiques du réseau. Deux stations côtières sont équipées pour le travail sur ondes entretenues : celle du Havre, placée sur le plateau de Bléville au nord-est du Havre, et reliée par fil direct au Havre-central et à Paris-central, dessert les communications des paquebots des lignes de l'Atlantique du nord ; la station des Saintes-Maries-de-la-Mer, reliée par fil direct à Marseille-central, assure les communications des paquebots de la Méditerranée et de la mer Rouge.

On commence enfin à ouvrir un service de communications à très grandes distances sur ondes courtes entre les stations côtières et les navires en mer ; alors que la portée des stations à ondes longues ne dépasse pas quelques milliers de milles marins, les stations côtières de France ont pu assurer par ondes courtes des communications avec des navires qui se trouvaient au voisinage des terres polaires australes, au sud de Madagascar ou près des Iles Kerguelen. Soucieux de donner aux usagers toutes les facilités, le service de la T.S.F. a muni de postes à ondes courtes les stations du Havre et des Saintes-Marie-de-la-Mer, de manière à maintenir la liaison entre la France et les navires des lignes de l'Atlantique du sud et du Pacifique allant en Amérique du sud, ou en extrême-orient, jusqu'à l'arrivée à destination desdits moyens. A l'inverse de ce qui a lieu avec les ondes longues, qui cessent d'être reçues par les correspondants dès que ceux-ci sont éloignés, les communications par ondes courtes sont reçues à de très grandes distances. Le poste côtier à ondes longues des Saintes-Maries-de-la-Mer peut établir des communications

avec les paquebots allant en extrême-orient tant que ceux-ci sont dans la Méditerranée ou la mer Rouge ; mais ce n'est que très exceptionnellement qu'il a pu établir une liaison avec les navires naviguant dans l'Océan Indien. Au contraire, le poste à ondes courtes permet d'établir des communications commerciales en tout temps, jusqu'à l'arrivée des navires en Chine et au Japon, sans que l'éloignement du poste correspondant paraisse influencer sur la qualité de la liaison obtenue.

Les postes de bord ne peuvent pas travailler en duplex ; il n'en est pas de même pour les stations côtières, où il est possible de placer la réception à quelque distance de l'émission. Dans les stations côtières modernes équipées pour le trafic à grande distance, le centre récepteur et le centre émetteur sont séparés. Le centre récepteur joue le rôle de bureau central radiotélégraphique : il contient les appareils de commande de l'émission en même temps que les appareils de réception, et est relié directement aux centres importants du réseau. Il contient en outre des dispositifs qui permettent de choisir la longueur d'onde du poste émetteur ; les postes côtiers travaillent sur plusieurs longueurs d'onde, et il est nécessaire que l'agent préposé à la commande puisse utiliser, dans chaque cas particulier, celle qui est la mieux adaptée aux conditions de transmission. Plusieurs postes de réception, en nombre variable suivant le trafic, sont utilisés au centre récepteur, de telle manière que l'un d'entre eux soit toujours en état de répondre immédiatement aux appels des postes des navires.

Une telle station permet d'utiliser en même temps plusieurs postes à ondes entretenues travaillant sur différentes longueurs d'onde et exécutant le service à moyenne distance, un poste à ondes entretenues modulées assurant le service de sécurité, et des postes à ondes courtes assurant le trafic à très grandes distances. Reliée directement à un centre de dépôt important, elle permet d'acheminer les télégrammes dans les meilleures conditions de rapidité et de sécurité.

Actuellement, les stations côtières assurent un service commercial important ; les recettes ont dépassé deux millions en 1928, et

laisseront un important bénéfice. Le trafic le plus élevé a été fait par les stations du Havre et d'Ouessant.

Nous allons étudier d'une manière plus précise le réseau français de T.S.F. desservant les liaisons entre des points fixes.

Le réseau radiotélégraphique français (fig. 2 et 3) assure des liaisons directes entre la France et les principaux pays étrangers d'Europe et d'outre-mer. Il existe, en outre, un réseau intercolonial, dotant les colonies de communications directes soit entre elles, soit entre elles et la métropole et dépendant directement du Service de la T.S.F..

L'importance de ce réseau est considérable ; les liaisons par câbles ne sont réalisées qu'avec nos colonies de l'Afrique du nord et de l'Afrique occidentale française ; les autres colonies, la plupart des pays situés hors du continent européen, autres que les Etats-Unis et l'Amérique du sud, ne sont pas reliés à la France par les câbles sous-marins. Pour atteindre nos colonies lointaines d'extrême-orient ou d'Afrique équatoriale, les télégrammes originaux de France devaient obligatoirement passer par les voies étrangères ; ils subissaient de nombreuses retransmissions, ce qui leur occasionnait d'importants retards. A ce point de vue, la création de liaisons directes par T.S.F., qui a créé une concurrence aux compagnies étrangères de câbles, les a empêchées de retarder d'une manière trop considérable les télégrammes qui leur étaient confiés et a donné au pays un avantage réel, bien qu'il ne puisse pas être évalué en chiffres, qui s'ajoute au bénéfice résultant des recettes du service radiotélégraphique.

Actuellement, le réseau français de T.S.F. couvre l'ensemble de la France et de ses colonies, s'étendant ainsi sur le monde entier.

Les principales liaisons réalisées avec les pays étrangers d'outre-mer, d'Amérique du nord et du sud, le Japon, sont concédées à la compagnie Radio-France, qui les dessert par un bureau central radiotélégraphique situé à Paris, relié à une importante station d'émissions à Sainte-Assise près de Melun et à un centre récepteur situé à Villecresnes.

Les liaisons européennes sont établies entre la France et divers pays d'Europe ; une partie en est concédée à la compagnie Radio-

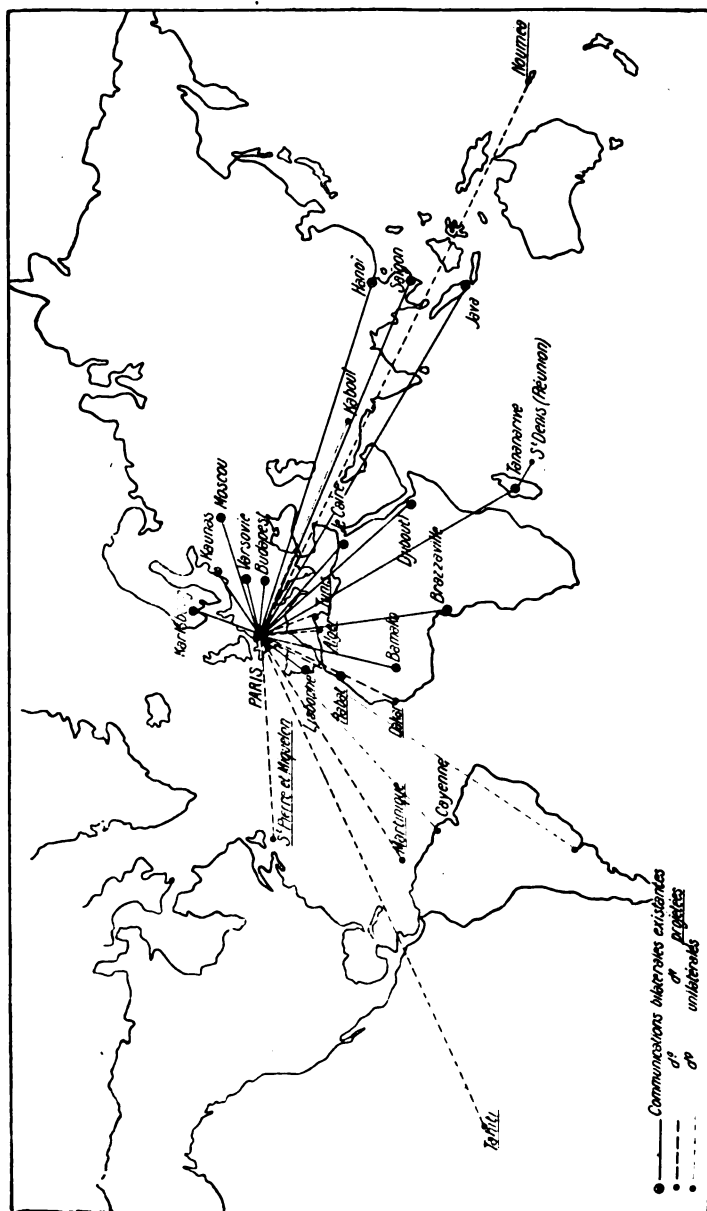


Fig. 2. — Carte des communications radiotélégraphiques exploitées par l'administration française des Postes et Télégraphes.

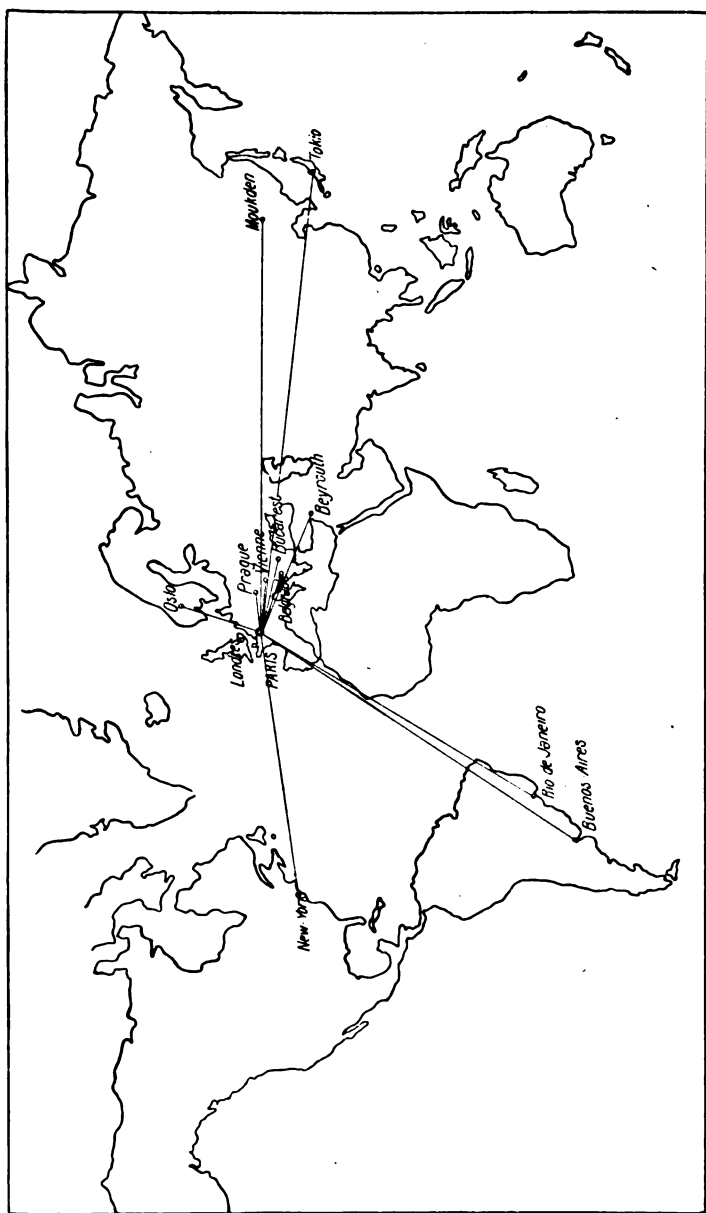


Fig. 3. — Carte des communications radiotélégraphiques concédées à la compagnie Radio-France.

France ; l'autre partie est exploitée par l'administration des Postes et Télégraphes, dont les principaux correspondants sont la Suède, la Pologne, le Portugal, la Hongrie. Ces liaisons sont faites au moyen de postes émetteurs situés à Lyon ou à Croix d'Hins et travaillant sur des longueurs d'ondes comprises entre 3.000 et 6.000 mètres. Ces postes ont été construits par le Service de la T.S.F. entre 1925 et 1928. Ils sont manipulés à partir du bureau central radiotélégraphique de Paris ; les télégrammes reçus des correspondants sont enregistrés à l'ondulateur au bureau central radiotélégraphique de Paris, la réception des ondes émises par les correspondants étant faite au centre récepteur de Villejuif.

Les liaisons entre la France et ses colonies sont exploitées en France par l'administration ; le service de la T.S.F. exploite non seulement les stations françaises, mais encore les stations coloniales de Bamako, Brazzaville, Tananarive et Djibouti. Un centre très important à Saïgon, exploité par la Compagnie générale de T.S.F., et un autre centre important à Hanoï, exploité par le service radio-télégraphique de la colonie, desservent l'Indochine.

Des stations nouvelles seront prochainement ouvertes dans des colonies moins importantes : Tahiti, la Nouvelle-Calédonie, la Martinique. Le réseau de l'Afrique occidentale française sera complété par une station à Dakar, qui communiquera directement avec Paris.

Les stations existantes sont munies de postes à ondes longues susceptibles de travailler en duplex avec la France.

Les stations françaises qui assurent le service avec ces colonies sont celles de Croix d'Hins et de la Doua, qui possèdent des postes à ondes longues puissants, desservis par des alternateurs Latour-Béthenod construits par la Société française radioélectrique ; les ondes émises par le poste de Croix d'Hins atteignent nos possessions les plus éloignées.

En outre, dès qu'il a paru possible de faire sur ondes courtes un trafic commercial important, le Service de la T.S.F. s'est préoccupé de construire des postes télégraphiques à ondes courtes ; tout d'abord il a utilisé en trafic un poste construit et exploité par l'Etablissement central du matériel radiotélégraphique installé à Issy-les-moulineaux ; puis il a établi par ses propres moyens, à la station de Lyon, un poste

plus puissant, qui assure depuis un an et demi un service extrêmement important avec l'Indochine et a permis de faire face à un développement très élevé du trafic. Enfin il s'est préoccupé d'établir de nouveaux postes : d'abord un poste à ondes courtes installé à Lyon et qui fait en ce moment même ses premiers essais de trafic, et il procède actuellement à l'établissement à Pontoise d'une station radiotélégraphique qui comprendra trois postes à ondes courtes établis pour faire, dans de bonnes conditions, le trafic avec les pays les plus lointains. La construction de ces postes a été confiée à la Société française radioélectrique.

D'autre part, les stations existantes des colonies seront prochainement pourvues de postes à ondes courtes qui doubleront les installations à ondes longues et permettront d'assurer en tout temps des liaisons efficaces. Les communications entre la France et les pays de la zone tropicale, où sévissent des parasites extrêmement intenses, sont en effet très difficiles, et il convient d'utiliser, pour les assurer, la propriété déjà indiquée des ondes courtes de se propager parfaitement pendant l'été, saison où les ondes longues se transmettent mal.

Des postes à ondes courtes commandés sur le budget des colonies sont actuellement en construction à l'Etablissement central du matériel radiotélégraphique. En outre, le Service de la T.S.F. procède à la commande de postes à ondes courtes destinés aux stations de Tananarive et de Djibouti.

L'importance des postes à ondes courtes dans le trafic des colonies se justifie par l'exemple suivant. L'Indochine française ne possédait, il y a deux ans, qu'un seul poste à ondes longues, installé à Saïgon. Le trafic n'était possible que de nuit, entre 6 heures du soir et une heure du matin. Il arrivait souvent, pendant les périodes difficiles, que le trafic ne pouvait pas être liquidé chaque jour, et qu'un grand nombre de télégrammes devaient être confiés aux câbles. Une station à ondes courtes ouverte à Hanoï en décembre 1927, et correspondant avec le poste à ondes courtes de Lyon, a permis de desservir une région de la colonie éloignée de Saïgon dans le courant de l'année 1927, et permettait de liquider par la voie T.S.F. tout le trafic originaire de la colonie sans faire appel

à la voie des câbles, bien qu'une augmentation considérable de trafic se fût produite dans les deux sens. Bien plus, alors qu'auparavant le service ne pouvait être effectué que la nuit, il a été possible d'ouvrir, à l'aide des postes à ondes courtes, un service de jour, et maintenant la communication est établie à peu près en permanence toute la journée, à part quelques courtes interruptions au moment du lever ou du coucher du soleil en France ou en Indochine. Il est donc maintenant possible de transmettre un télégramme et de recevoir sa réponse dans la journée, entre la France et l'Indochine.

Les projets du Service de la T.S.F. actuellement en cours d'exécution, énumérés plus haut, visent tous à augmenter les conditions de sécurité et de rapidité du service radiotélégraphique. D'autres projets visent à l'utilisation, au point de vue commercial, des nouveaux procédés techniques qui ont été réalisées dernièrement.

Une des questions importantes et nouvelles auxquelles les propriétés de la T.S.F. sont particulièrement appropriées est la transmission des images ; l'un des postes à ondes courtes prévus à cet effet au nouveau centre émetteur est susceptible d'effectuer cette transmission.

La téléphonie sans fil, permettant de relier entre eux les abonnés de deux réseaux téléphoniques différents, n'a pas été perdue de vue ; un important programme de travaux a été établi par le Service de la T.S.F. ; les nouvelles stations permettront d'établir des communications téléphoniques entre la France et les principaux Etats d'outre-mer : Amérique du nord et du sud, Indochine française.

LE BUREAU AUTOMATIQUE « CARNOT »,

par G. POCHOLLE, J. ROUVIÈRE et A. LABROUSSE,
ingénieurs des Postes et Télégraphes.

(suite et fin.) (1)

III. RELATIONS ENTRE LES BUREAUX MANUELS ET LE BUREAU AUTOMATIQUE « CARNOT ».

Pour compléter la description du premier bureau automatique parisien, il reste à examiner l'acheminement des appels émanant des abonnés manuels à destination des abonnés automatiques.

Deux méthodes ont été envisagées pour l'écoulement de ces appels :

1° L'opératrice de départ qui reçoit la demande de l'abonné manuel dispose d'un clavier, sur lequel elle tape le numéro demandé. Elle commande ainsi à distance le mouvement des sélecteurs numériques au bureau automatique d'arrivée. C'est la méthode de la *sélection directe*.

2° L'opératrice de départ transmet par ligne d'ordres le numéro demandé à une opératrice d'arrivée du bureau automatique. Cette dernière, dite *opératrice semi-B*, atteint l'abonné demandé en tapant son numéro sur un clavier.

La deuxième méthode a été seule appliquée à l'ouverture du bureau « Carnot ». On a ainsi évité de subordonner cette mise en service à l'achèvement de travaux considérables dans les bureaux manuels. Mais l'exploitation par position semi-B est une exploitation provisoire. L'installation de la sélection directe est en voie de réalisation dans la plupart des bureaux manuels du réseau de Paris. Seuls, les bureaux les plus anciens, destinés à être désaffectés prochainement, continueront à écouler leurs appels vers les bureaux

1. Par MM. Rouvière et Labrousse.

automatiques en utilisant des positions semi-B installées dans les bureaux d'arrivée.

L'exploitation par positions semi-B est loin d'être nouvelle. Rappelons en brièvement le principe bien connu. L'opératrice semi-B, après avoir reçu par ligne d'ordres le numéro demandé, assigne une des jonctions dont elle dispose. Elle indique le numéro de cette jonction à sa collègue du bureau manuel, qui la prend au départ avec la deuxième fiche de son dicorde. La jonction assignée est reliée à un enregistreur par l'intermédiaire d'un chercheur de jonctions (fig. 1). L'opératrice semi-B compose alors sur son clavier le numéro

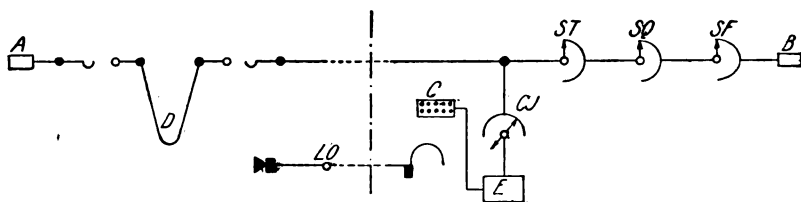


Fig. 1. — Diagramme d'établissement d'une communication entre un abonné manuel et un abonné automatique par l'intermédiaire d'une position semi-B

A, abonné demandeur,
B, abonné demandé,
D, dicorde du bureau manuel,
LO, ligne d'ordres,
C, clavier de la position semi-B.

E, enregistreur semi-B.
CJ, chercheur de jonctions,
ST, sélecteur tertiaire,
SQ, sélecteur quaternaire,
SF, sélecteur final.

demandé. Ce numéro est emmagasiné par l'enregistreur, qui contrôle la sélection numérique et assure ainsi la connexion des deux correspondants.

Les positions semi-B du réseau de Paris ne diffèrent pas essentiellement des positions analogues installées dans beaucoup de grands réseaux urbains. Nous nous attacherons ici à signaler quelques particularités nouvelles dans les circuits d'enregistreur et de jonction semi-B ; mais nous insisterons tout spécialement sur les intéressants problèmes qu'a posés le transfert de la supervision du bureau automatique au bureau manuel.

Jonction et enregistreur semi-B. — Chaque position semi-B dispose de trois enregistreurs ; dès qu'une jonction de la position est assignée, l'un des enregistreurs doit être relié à cette jonction

par l'intermédiaire d'un chercheur de lignes. Le choix de cet enregistreur est obtenu par un procédé ingénieux (fig. 2).

Supposons, par exemple, les trois enregistreurs disponibles. Le bouton d'assignation A excite un relais pilote P, qui donne une terre commune aux relais de démarrage D des trois enregistreurs. Le premier de ces relais trouve cette terre par un circuit direct, le

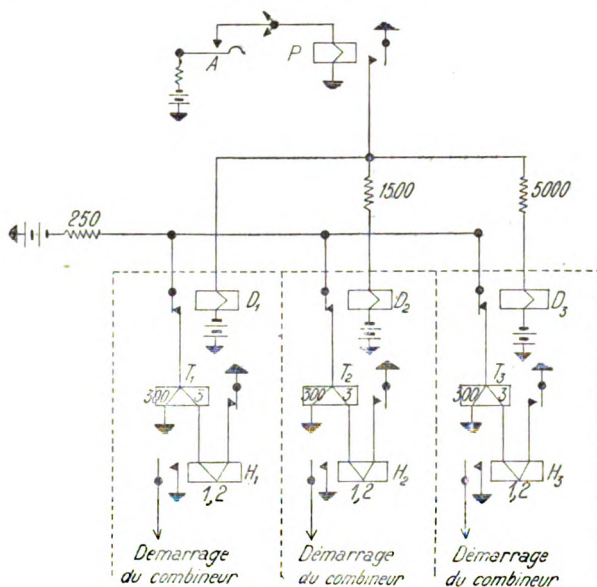


Fig. 2. — Engagement d'un enregistreur.

deuxième à travers une résistance de 1500 ohms, le troisième à travers une résistance de 5000 ohms. Les trois relais ont ainsi des durées d'attraction différentes.

L'un d'eux établit le premier son contact de travail et ferme le circuit d'un relais de test T sur un point commun aux trois enregistreurs (batterie à travers 250 ohms). Le relais de test fonctionne et se shunte par un enroulement à faible résistance, abaissant ainsi le potentiel du point commun. Puis il provoque le démarrage du combineur de l'enregistreur auquel il appartient.

Les deux autres relais de démarrage fonctionnent par la suite ; mais leurs relais de test ne peuvent s'exciter. Les combineurs correspondants restent au repos.

Le premier enregistreur est donc le seul à abandonner sa position de disponibilité ; c'est lui qui va desservir l'appel en cours. A cet effet, il accomplit successivement les deux fonctions suivantes :

1° Il se connecte au clavier de la position, et l'opératrice peut composer le numéro demandé ;

2° Il provoque le démarrage de son chercheur de jonctions, qu

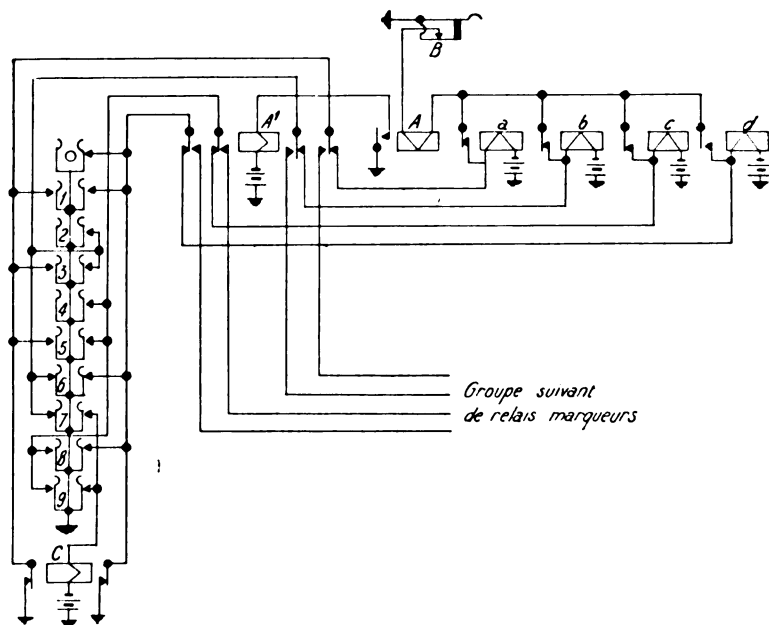


Fig. 3. — Clavier de position semi-B.

Relais opérés par la manœuvre des clés :

Clé 0 : d,
— 1 : a, d,
— 2 : b,
— 3 : a, b,
— 4 : c,

Clé 5 : a, c,
— 6 : b, d,
— 7 : a, b, d,
— 8 : c, d,
— 9 : a, c, d.

arrête ses balais sur les broches de la jonction assignée, et la sélection numérique peut commencer.

L'enregistreur semi-B ressemble beaucoup à un enregistreur automatique, puisqu'il contrôle le mouvement des mêmes sélecteurs : il comporte en particulier les mêmes relais compteurs, le même relais récepteur d'impulsions inverses, etc... Seul, l'enregistrement diffère, puisqu'ici la commande lointaine par impulsions

de disque d'appel cède la place à une commande locale par clavier.

Les positions semi-B de Paris sont munies d'un clavier à dix boutons seulement. Ces boutons, à retour automatique, peuvent être manœuvrés très rapidement, et l'enregistreur doit garder trace de la combinaison fugitive formée par quatre boutons enfoncés successivement. A cet effet, l'enregistreur est pourvu de quatre groupes de relais marqueurs (fig. 3). L'enfoncement d'un bouton provoque l'attraction et le collage d'un certain nombre de relais parmi les

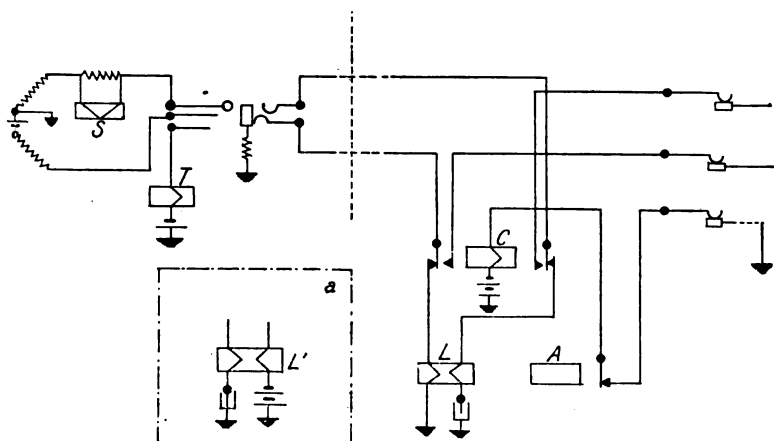


Fig. 4. — Jonction semi-B. (La figure *a* indique le montage du relais de ligne en cas de supervision sur fil *b*.)

quatre relais marqueurs *a*, *b*, *c*, *d*, d'un même groupe. La combinaison de relais attirés caractérise le chiffre tapé (voy. le tableau de la figure 3). Aussitôt après l'enregistrement d'un chiffre, des relais d'aiguillage tels que *A*, *A'* relient le clavier au groupe suivant de relais marqueurs. Et ainsi de suite jusqu'au quatrième chiffre du numéro demandé. Le temps d'attraction des divers relais est suffisamment court pour permettre une manœuvre très rapide.

Les opérations de sélection commencent aussitôt après l'enregistrement du quatrième chiffre. Pour chaque sélection numérique, le fil d'impulsions inverses est aiguillé par les relais marqueurs du groupe intéressé sur telle ou telle paire de relais compteurs.

La sélection ne peut se terminer que si la jonction semi-B a été enfichée au départ : il faut, en effet, éviter de déranger inutile-

ment l'abonné demandé. La prise d'une ligne au départ est caractérisée par l'attraction du relais de ligne L (fig. 4). L'enregistreur semi-B ne peut passer en position de sélection finale d'unité que si le relais L est excité.

A la fin de la sélection, l'enregistreur semi-B est libéré. Il provoque, en revenant au repos, la retombée du relais A qui est excité

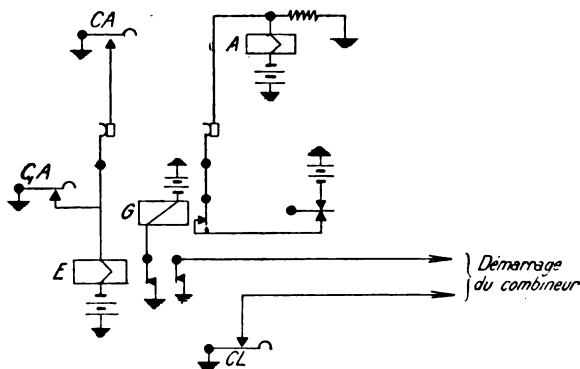


Fig. 5. — Libération d'un enregistreur semi-B en cas de fausse manœuvre.

A, relais d'assignation,
CL, clé de libération,
CA, clé d'annulation de la jonction,
C₁A, clé d'annulation de l'enregistreur.

dès la manœuvre du bouton d'assignation. Le relais A, en retombant, établit la continuité de la ligne entre les deux abonnés.

Le circuit d'enregistreur semi-B donne, en cas d'erreur, la possibilité d'annuler des opérations déjà effectuées :

1° Avant le commencement de la sélection, un bouton de correction (B sur la fig. 3) permet de couper la terre de blocage des relais marqueurs ; ces relais retombent tous et l'opératrice peut composer le numéro correct ;

2° Pendant le cours de la sélection, des boutons répétés sur les enregistreurs et sur les jonctions permettent d'annuler les opérations déjà accomplies par l'enregistreur tout en maintenant la jonction assignée ; le schéma de la figure 5 montre comment la manœuvre des clés CA ou C₁A provoque le démarrage du combineur de l'enregistreur, tout en évitant la retombée du relais d'assignation qui se produit normalement en pareil cas :

3° Un bouton de libération, particulier à chaque enregistreur, permet la libération complète de la jonction et de l'enregistreur, par exemple dans le cas où la jonction n'est pas prise au départ; on voit sur la figure 5 que la manœuvre de la clé CL provoque la libération normale de l'enregistreur avec retombée du relais d'assignation.

Contrôle à distance et transfert de la supervision. — La liaison entre deux abonnés rattachés à deux bureaux distants oblige à résoudre les deux problèmes suivants :

1° Contrôle à distance du bureau d'arrivée par le bureau de départ ;

2° Transfert de la supervision entre les deux bureaux.

On connaît la solution adoptée dans les bureaux manuels ; elle tient tout entière dans l'emploi du relais de 12000-27.

La solution adoptée dans les bureaux automatiques rotary est notablement différente : dans la liaison entre deux bureaux auto-

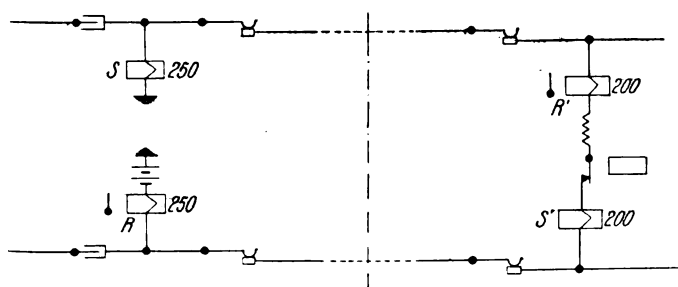


Fig. 6. — Contrôle à distance et transfert de la supervision entre deux bureaux automatiques.

matiques, le sélecteur tertiaire entrant du bureau d'arrivée établit un pont sur la ligne auxiliaire ; ce pont est composé d'un relais R' et d'une self S' de chacun 200 ohms (fig. 6), sa résistance ne varie pas à la réponse du demandé comme celle du pont constitué par le relais de 12000-27, mais il est successivement coupé et rétabli, provoquant une retombée, puis une attraction du relais de supervision R au bureau de départ.

On voit que cette solution n'est pas applicable aux communications émanant d'un bureau manuel et à destination d'un bureau

automatique. En effet, le relais de supervision du bureau manuel ne doit fonctionner qu'une seule fois, à la réponse du demandé. Le pont de 400 ohms ne pourra donc être établi sur la ligne qu'au moment du décrochage du demandé. Comment réaliser le contrôle à distance avant le décrochage du demandé et après son raccrochage ? Il suffit d'établir ce contrôle sur un seul fil, le fil sur lequel

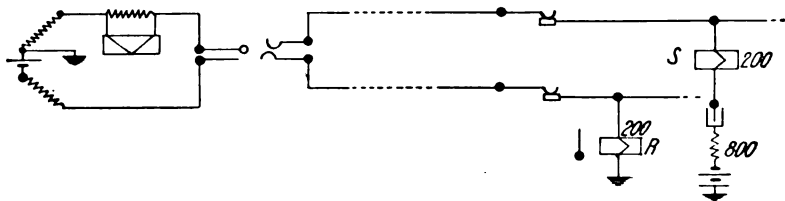


Fig. 7. — Contrôle à distance du sélecteur tertiaire pendant la période où le poste demandé est accroché (cas du relais de supervisor sur fil a).

n'est pas monté le relais de supervision au bureau manuel ; de la sorte, le relais de contrôle pourra être actionné au bureau automatique sans que le relais de supervision du bureau manuel le soit.

Pendant les opérations de sélection, le contrôle est assuré

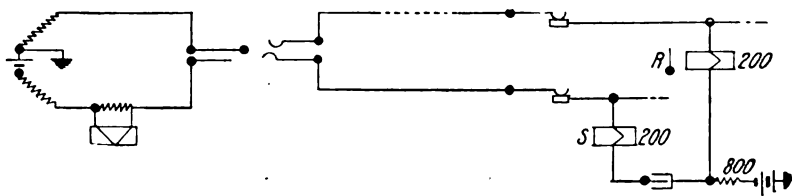


Fig. 8. — Contrôle à distance du sélecteur tertiaire pendant la période où le poste demandé est accroché (cas du relais de supervision sur fil b).

par le relais L de la jonction semi-B (fig. 4). Ce relais possède deux enroulements, dont un seul est actif. L'autre enroulement est mis à la terre à travers un condensateur et sert uniquement à l'équilibrage de la ligne. Le montage du relais doit évidemment être modifié suivant que le relais de supervision du bureau manuel est monté sur le fil a ou sur le fil b.

Dès la fin de la sélection, la jonction entrante est aiguillée sur le sélecteur tertiaire, qui doit à son tour assurer le contrôle à distance. Les figures 7 et 8 indiquent comment il s'acquitte de cette

fonction. Sur l'un des fils, se trouvent montés le relais de supervision du bureau manuel et au bureau automatique une self d'équilibre de 200 ohms mise à la batterie à travers un condensateur. Le relais de supervision ne peut donc fonctionner. Sur l'autre fil, est monté un relais de 200 ohms chargé d'assurer le contrôle du relâchement. Ce relais est attiré lorsque la ligne est enfichée au départ ; suivant le type du dicorde manuel, il est alimenté par la batterie de 24 volts du bureau manuel ou par la batterie de 48 volts du bureau automatique (dans ce dernier cas, l'alimentation est faite à travers une résistance de 800 ohms). Le retrait de la fiche au départ provoque la retombée du relais R et la libération des sélecteurs en prise.

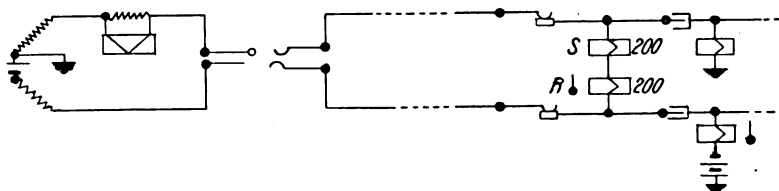


Fig. 9. — Transfert de la supervision de l'abonné demandé.

Cette libération n'est d'ailleurs pas immédiate, mais commandée par la retombée de deux relais lents dont les retards s'ajoutent. On se prémunit ainsi contre une coupure intempestive très brève de la ligne auxiliaire.

Au décrochage de l'abonné demandé, le relais R et la self S sont montés en série et mis en pont sur la ligne auxiliaire (fig. 9). Le relais de supervision fonctionne alors au bureau de départ. Après le raccrochage du demandé et jusqu'à la libération, le montage précédent se trouve de nouveau réalisé.

Ainsi donc, le circuit de sélecteur tertiaire entrant diffère suivant que le bureau de départ est automatique ou manuel ; et si ce bureau est manuel, il varie suivant le dicorde employé. Fort heureusement, on a pu créer un type unique de sélecteur tertiaire entrant ; on l'a doté d'un répartiteur qui, par un simple changement de fils jarrettières, permet d'adapter le sélecteur aux différents types de bureaux de départ.

Lorsqu'un bureau manuel est transformé en automatique, il

est nécessaire de modifier le câblage des répartiteurs sur les sélecteurs tertiaires correspondants. Si toutefois le bureau manuel est doté de dicordes avec relais de supervision sur le fil a, il est possible de maintenir provisoirement le câblage de ces répartiteurs. La figure 10 montre, en effet, que ce montage assure un fonctionnement correct du relais de supervision au bureau automatique de départ. Mais il est à remarquer que la ligne n'est pas équilibrée ; c'est pourquoi il est préférable de réaliser le câblage correspondant au sélecteur tertiaire entrant de bureau automatique.

Les modifications apportées au circuit de sélecteur tertiaire entrant ne permettent pas dans tous les cas de résoudre entièrement

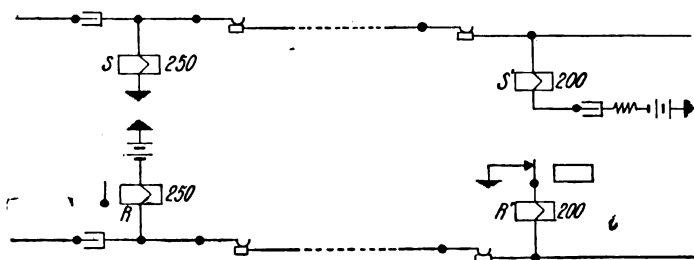


Fig. 10. — Dispositif pour le contrôle à distance maintenu provisoirement au moment du passage en automatique d'un bureau manuel.

e problème du transfert de la supervision. Il est nécessaire, dans certains bureaux manuels, de prévoir en outre un équipement spécial des lignes auxiliaires de départ. Ces dispositifs d'adaptation des lignes auxiliaires doivent être employés dans les trois cas typiques suivants :

1° La résistance de la ligne auxiliaire dépasse 350 ohms. Les relais de supervision des bureaux manuels sont réglés pour fonctionner normalement dans un circuit de 800 ohms au plus. Or la boucle du sélecteur tertiaire a déjà une résistance de 400 ohms. Dès que la résistance de la ligne approche de 400 ohms, le fonctionnement des relais de supervision devient précaire. Toutes les lignes d'une résistance supérieure à 350 ohms sont donc munies au départ d'un dispositif de retransmission de la supervision (fig. 11-I). Un relais et une self shuntés par des condensateurs sont montés en série sur chacun des fils de ligne ; le relais est actionné par la boucle

de 400 ohms du sélecteur tertiaire ; il établit à son tour une boucle de résistance appropriée calculée pour provoquer un fonctionnement correct du relais de supervision.

2° Les dicordes du bureau de départ sont du type à self et con-

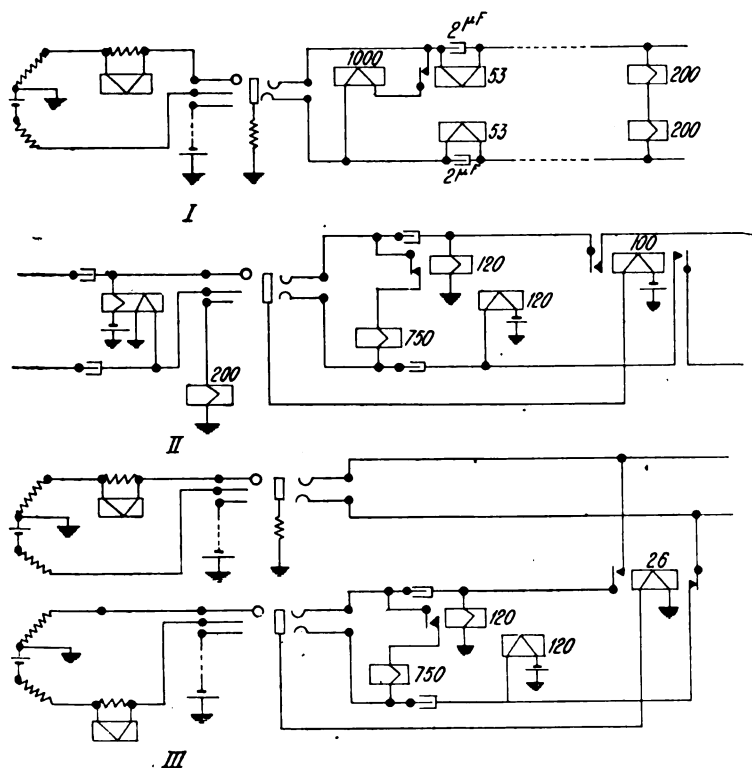


Fig. 11. — Trois types de dispositifs d'adaptation des lignes auxiliaires.

I. Cas d'une ligne de plus de 350 ohms.

II. Cas d'un dicorde à self et condensateurs.

III. Cas d'un sectionnement desservi par des dicordes de deux types différents.

densateurs. Le relais de supervision a deux enroulements, montés chacun sur l'un des fils de lignes. Or les raisonnements précédents s'appliquaient essentiellement aux relais de supervision montés sur un seul fil (dicorde à translateur). Le dispositif de la figure 11-II permet de faire rentrer cette exception dans la règle générale : la ligne est coupée par des condensateurs, et un pont de supervision

du type normal est constitué du côté du bureau automatique. Au décrochage du demandé, ce pont assure la retransmission de la supervision en établissant une boucle sur les deux fils du dicorde. Il va sans dire que la continuité de la ligne est établie seulement à l'enfilage, pour éviter que le pont de supervision ne débite en permanence sur la ligne. On voit que ce dispositif permet de faire entrer le dicorde à self et condensateurs dans l'une ou l'autre des catégories définies ci-dessus (supervision sur fil a ou sur fil b). Les raisons exposées plus haut font préférer la première catégorie, puisqu'elle ne nécessite aucun changement immédiat du sélecteur tertiaire au moment de la transformation en automatique du bureau.

3° Un bureau manuel comporte des dicordes de deux types différents ayant accès aux mêmes lignes. La figure 11-III montre l'exemple d'un bureau comportant des dicordes avec supervision sur fil a et des dicordes avec supervision sur fil b. Les jacks desservis par les premiers ne subissent aucune modification ; les jacks desservis par les deuxièmes sont pourvus d'un pont de supervision du type décrit dans le paragraphe précédent. Tout se passe donc comme s'ils étaient desservis par des dicordes à supervision sur fil a.

Les considérations qui précèdent mettent en lumière l'importance de l'orientation des lignes auxiliaires. Lors de la mise en service du bureau « Carnot », les lignes avaient dû être minutieusement essayées à l'avance ; les dangers provenant d'erreurs dans l'orientation ont pu ainsi être écartés.

Installation et équipement des positions semi-B. — Le trafic entrant au bureau « Carnot » est desservi par trente-cinq positions semi-B. Ces trente-cinq positions sont installées en une seule file, dans la salle des positions manuelles, au deuxième étage du bâtiment de la rue Guyot (fig. 12).

L'aspect extérieur d'une position semi-B est le même que celui d'une position à indicateurs d'appels : l'ébénisterie de la position comporte deux tablettes inégalement inclinées : la tablette postérieure, inclinée à 45°, porte l'équipement des jonctions et des enregistreurs ; la tablette antérieure, presque horizontale, porte le clavier et diverses clés (fig. 13).

Chaque position semi-B est dotée de trente-cinq jonctions avec extension possible à quarante, et de trois enregistreurs (fig. 14). Sur la table, une jonction est représentée par deux lampes :

- une lampe verte dite *lampe de garde*,
- une lampe blanche dite *lampe d'occupation*, et par deux boutons :
- un bouton noir dit *bouton d'assignation*,
- un bouton rouge dit *bouton d'annulation*.



Fig. 12. — Salle des positions manuelles du bureau « Carnot ».

Chaque enregistreur est représenté par cinq lampes :

- quatre lampes blanches dites *lampes de progression*,
- une lampe verte dite *lampe de clavier*, et par deux boutons :
- un bouton noir dit *bouton de libération*,
- un bouton rouge dit *bouton d'annulation*.

La position est surmontée d'une lampe pilote d'appel.

La partie antérieure du keyboard porte à droite le clavier avec son bouton de correction, à gauche un groupe de clés :

- une clé d'essai,
- une clé d'écoute,

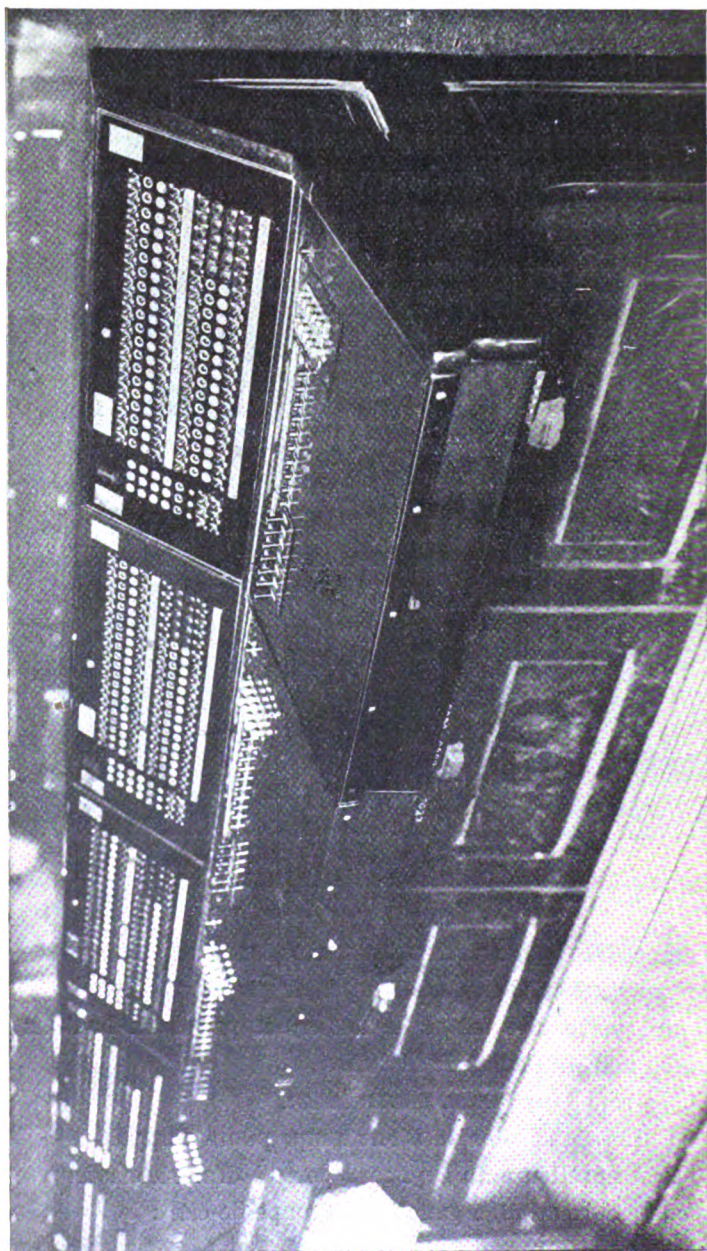


Fig. 13. — Positions semi-B.

une clé d'extinction de la lampe d'appel,
une clé de concentration.

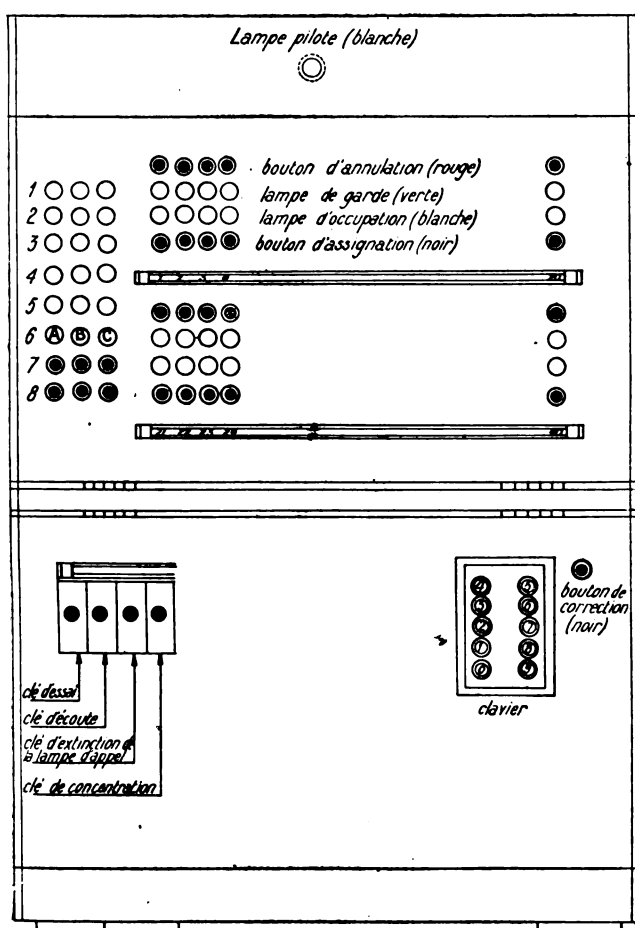


Fig. 14. — Keyboard de position semi-B.

- 1, lampe de progression (blanche) : mille,
2, — : centaines,
3, — : dizaines,
4, — : unités,
5, lampe de clavier (verte),
6, étiquette,
7, bouton d'annulation (rouge),
8, bouton de libération (noir).

La figure 13 représente des positions utilisées pour la concentration de nuit. Ces positions comportent, outre l'équipement

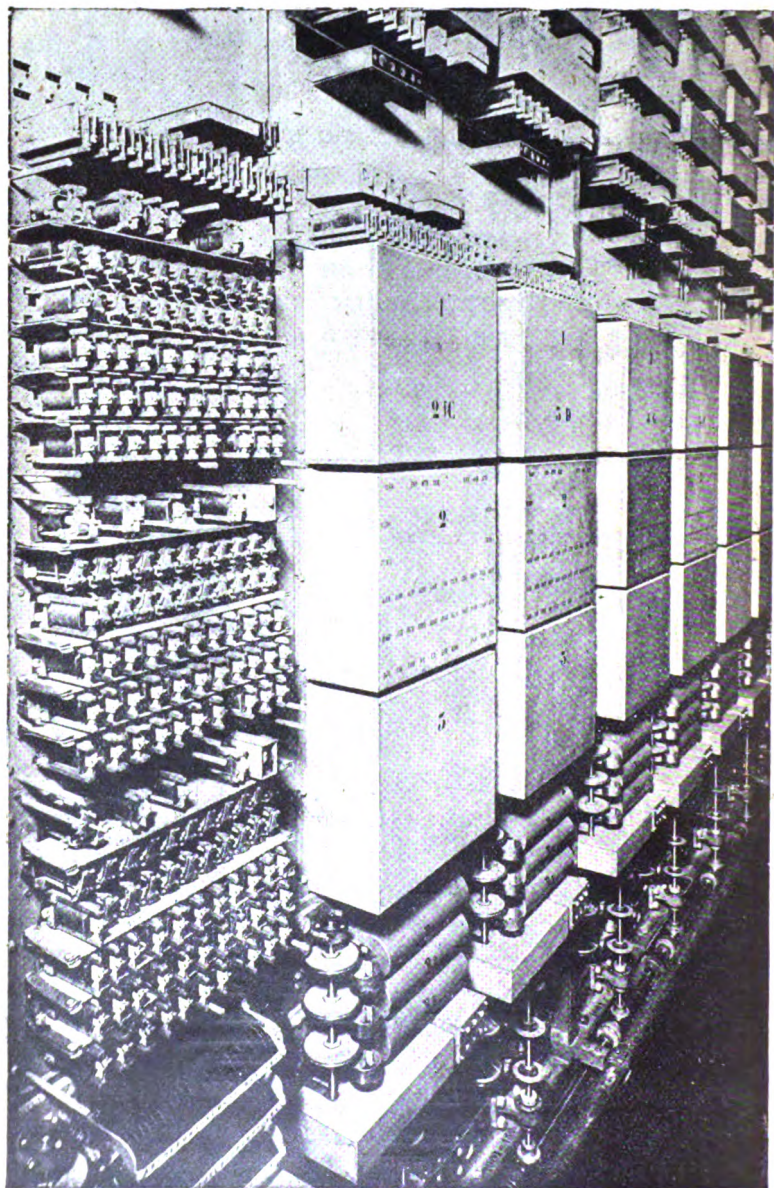


Fig 15. — Baies combinées de positions semi-B

énuméré ci-dessus, des rangées de lampes d'appels avec boutons d'extinction. Chaque direction renvoyée sur une de ces tables y est représentée par une lampe et un bouton.

L'ensemble des organes qui constituent les circuits d'une position semi-B se trouve réuni sur une même baie combinée. Cette baie porte, de bas en haut, l'équipement suivant (fig. 15).

des chercheurs de jonctions au nombre de 3 (1 par enregistreur),

des combineurs au nombre de 3 (1 par enregistreur),

des relais pour les enregistreurs,

des relais pour les jonctions.

Les baies combinées sont reliées aux tables semi-B par un ca-

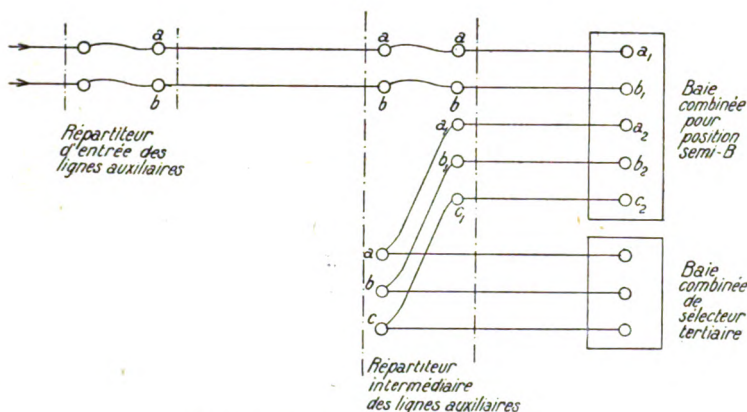


Fig. 16. — Câblage des lignes entrantes.

blage direct ; d'autre part les lignes auxiliaires entrantes des bureaux manuels viennent aboutir sur les baies combinées et sur les sélecteurs tertiaires pour trafic entrant en passant par un répartiteur intermédiaire qui permet de réaliser facilement toutes les mutations désirables entre ces diverses installations (fig. 16).

Exploitation des positions semi-B. — La signalisation prévue sur les positions semi-B est extrêmement simple (fig. 14).

Sur chaque jonction, la lampe blanche d'occupation joue absolument le même rôle que la lampe d'occupation d'un monocorde de groupe B manuel.

La lampe verte, dite *lampe de garde*, scintille dès que la jonction est connectée à un enregistreur ; elle continue à scintiller pendant toute la durée de la sélection. Elle s'allume fixe quand la sélection est terminée et reste ainsi allumée jusqu'à la fin de la communication ; toute lampe verte allumée fixe caractérise une jonction occupée par une communication en cours.

Pour chaque enregistreur, la lampe verte dite *lampe de clavier* se met à scintiller dès que le clavier est connecté à un enregistreur, indiquant à l'opératrice qu'elle peut taper un numéro. Dès que l'opératrice a appuyé la première touche, la lampe reste allumée fixe et s'éteint dès que le numéro est entièrement tapé.

Les différentes phases de la sélection sont signalées par le jeu des *lampes de progression*. Pendant toute sélection numérique, une seule de ces lampes est allumée ; pendant toute sélection automatique, deux lampes sont allumées simultanément. En cas d'arrêt accidentel dans la sélection, on peut ainsi repérer facilement à quel étage s'est produit cet arrêt de sélection.

Nous avons étudié ci-dessus les moyens mis à la disposition des opératrices pour corriger une erreur :

bouton de correction avant que le numéro ne soit entièrement tapé, *boutons d'annulation* avant la fin de la sélection.

Un incident fréquent est le suivant : l'opératrice de départ n'enfiche pas la ligne qui lui a été désignée. Dans ce cas, l'opératrice semi-B a tapé un numéro sur une ligne qui n'est pas prise au départ ; la sélection ne s'achève pas sur cette ligne. Le bouton de libération est alors employé pour libérer la ligne et l'enregistreur indûment occupés. D'autre part, l'abonné demandeur est en attente sur une autre ligne, signalée par sa lampe d'occupation allumée. Sur cette ligne, l'opératrice peut se mettre en écoute et donner suite à la demande de l'abonné. Aux heures chargées, elle se contente d'assigner la ligne et de composer sur son clavier le numéro d'un service qui traitera la communication.

Pendant les heures de trafic réduit, les positions semi-B peuvent être groupées par trois, tout comme les positions à indicateurs d'appels. A cet effet, les positions extrêmes d'un même groupe de trois sont munies de clés de concentration. La manœuvre de ces clés

permet à une opératrice occupant la position médiane de desservir l'ensemble des trois positions. Tous les numéros peuvent être tapés sur le clavier de la position médiane.

Pendant les heures de trafic tout à fait réduit et notamment la nuit, tous les appels entrants sont desservis par trois positions, dites *de concentration de nuit* qui peuvent elles-mêmes être groupées. La manœuvre d'un commutateur permet de renvoyer sur ces positions un certain nombre de jonctions de chaque direction entrante. Les lignes d'ordre sont également renvoyées par ce commutateur.

Essai des positions semi-B. — Les positions semi-B sont soumises tous les jours à deux sortes d'essais préventifs :

1° *Essai des jonctions.* — Aux heures de faible trafic, les jon-

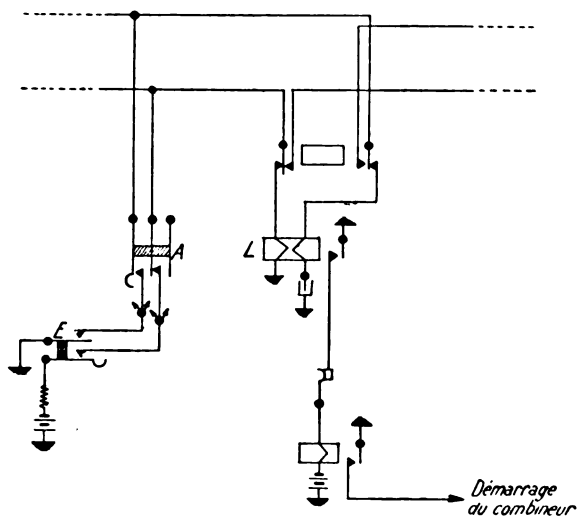


Fig. 17. — Essai des jonctions semi-B.

tions de chaque position peuvent être rapidement essayées par l'opératrice même qui dessert la position. La méthode d'essai est la suivante. L'opératrice assigne une jonction disponible et tape un numéro. La sélection progresse et s'arrête après la sélection de dizaine puisque la ligne n'est pas prise au départ. L'opératrice manœuvre alors une clé d'essai qui simule la prise au départ. La figure 17

montre comment la manœuvre simultanée de la clé d'essai E et du bouton d'assignation A d'une jonction a pour effet de mettre une batterie sur un fil, une terre sur l'autre, et par suite d'exciter le relais de ligne de la jonction. Ce relais fait passer l'enregistreur semi-B en position de sélection d'unité. La sélection s'achève, et l'opératrice, en se mettant en écoute sur la jonction peut vérifier que l'appel aboutit normalement.

Un certain nombre de numéros ont été affectés à ce genre d'essais. Ces numéros ont été choisis, dans la limite des disponibilités, de façon à permettre l'essai de toutes les touches du clavier et des diverses combinaisons de relais marqueurs de l'enregistreur (par exemple, numéros 1234, 5678, etc...). Lorsqu'un des numéros d'essais est atteint correctement, l'opératrice perçoit un ronfleur. Elle n'a donc pas de réponse à attendre et peut passer aussitôt à l'essai d'une nouvelle jonction.

2° *Essai systématique des enregistreurs.* — Les enregistreurs semi-B sont essayés quotidiennement au moyen d'un circuit spécial d'essais systématiques. L'enregistreur placé dans ses conditions normales de fonctionnement est soumis à un essai complet à 15 cycles. Les 14 premiers cycles comportent la réception de 14 numéros différents et le contrôle des opérations de sélection correspondantes ; le 15^e cycle place l'enregistreur dans les conditions d'un relâchement prématuré. Les essais systématiques des enregistreurs sont faits par moitié le matin et le soir, aux heures de trafic très réduit.

Autres positions manuelles du bureau « Carnot ». — En dehors des positions manuelles précédemment décrites, le bureau « Carnot » est doté de tables de renseignements, de réclamations et de groupes intermédiaires. L'équipement de ces tables ne diffère pas sensiblement de celui des tables analogues installées dans les bureaux manuels. Toutefois, certaines particularités méritent d'être signalées au passage.

1° *Tables de renseignements* (fig. 18). — Ces tables assurent les services suivants :

a) Service des abonnés ordinaires qui demandent les renseignements par l'envoi du numéro 12 ;

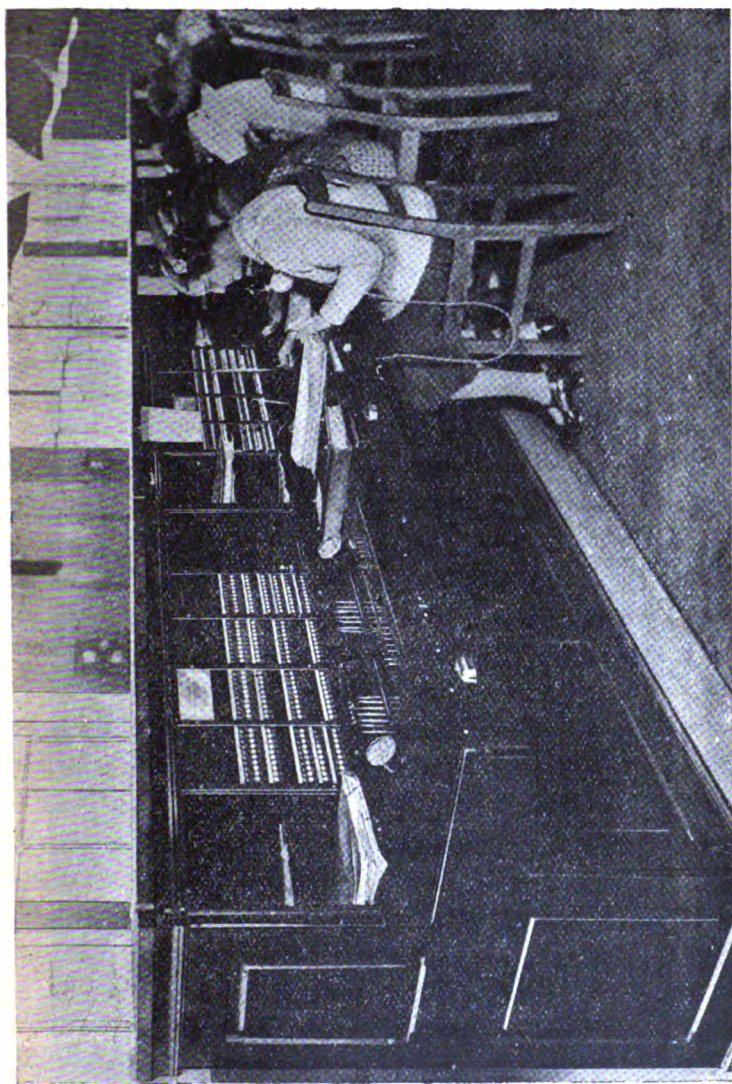


Fig 18. — Positions de renseignements et de réclamations du bureau « Carnot ».

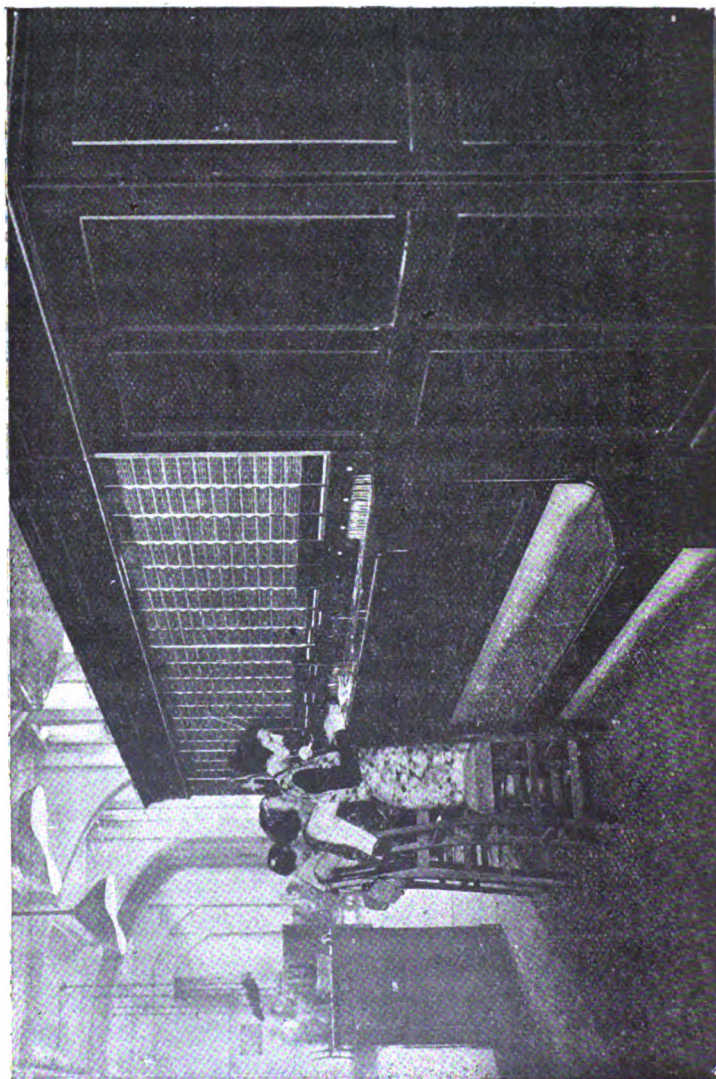


Fig. 19. — Groupes intermédiaires du bureau « Carnot ».

- b) Service des messages téléphonés (envoi du numéro 16) ;
- c) Service des abonnés qui demandent les pompiers ou la police (nos 18 et 17) ;
- d) Service des abonnés sans provision qui demandent l'interurbain, le régional (ou tout autre service spécial accessible seulement aux abonnés ayant constitué un dépôt de garantie) ;
- e) Service des abonnés résiliés, transférés ou suspendus ;
- f) Service des abonnés absents ;
- g) Service des postes à prépayement demandant un bureau de la zone à taxe double (l'opératrice des renseignements contrôle ici le versement d'un deuxième jeton).

2° *Tables de réclamations* (fig. 18). --- En plus de l'équipement normal exigé par le service des réclamations, ces tables portent un panneau de jacks pour le renvoi des abonnés au théatrophone.

3° *Tables intermédiaires* (fig. 19). — Les monocordes des tables intermédiaires permettent l'offre des communications **interurbaines** aux abonnés engagés dans une conversation urbaine ; **toutefois** cette possibilité n'a pas encore été utilisée. Les tables intermédiaires comportent, en plus, des monocordes spéciaux atteints par l'envoi de numéros qui leur sont affectés ; ces monocordes sont utilisés dans certains cas pour atteindre les abonnés spécialement interurbains d'un point du réseau autre que le bureau interurbain.

SUR LES RELATIONS
ENTRE LES CARACTÉRISTIQUES DE FRÉQUENCE
et les phénomènes transitoires dans les systèmes linéaires,
par K. KÜPFMÜLLER (1).

I. REMARQUES PRÉLIMINAIRES.

Le problème de l'oscillation propre d'un circuit résonant simple, comme celui que représente la figure 1, peut être examiné à deux points de vue différents.

Dans l'une des façons d'étudier le problème, on part de cette idée que, en appliquant instantanément au circuit la tension E_0 , il se produit un phénomène transitoire qui relie l'état initial à l'état final. D'après cette manière de voir, le système résonant est excité ou mis en oscillation à sa fréquence propre par la variation instantanée de la force électromotrice. Il se produit, dans le circuit, des oscillations ayant cette fréquence et qui s'amortissent peu à peu. Cet évanouissement a lieu d'autant plus lentement que l'affaiblissement ou les pertes dans le système résonant sont plus faibles. On peut traduire ce phénomène en langage mathématique par l'équation différentielle :

$$V + RC \frac{dV}{dt} + LC \frac{d^2V}{dt^2} = E_0, \quad (1)$$

avec les conditions initiales :

$$\left. \begin{array}{l} V = 0 \\ \frac{dV}{dt} = 0 \end{array} \right\} \text{ pour } t = 0. \quad (2)$$

Cette façon de voir n'est pas limitée, on le sait, au cas simple du circuit résonant : les problèmes fondamentaux de la théorie des

1. Traduction d'un article publié dans l'*Elektrische Nachrichtentechnik* : janvier 1928.

oscillations, par exemple ceux de la télégraphie sans fil et de la transmission sur les circuits, ont été traités de la même manière.

Dans la seconde méthode, on représente les phénomènes par des intégrales de Fourier. Ici, on part de la courbe de variation en fonc-

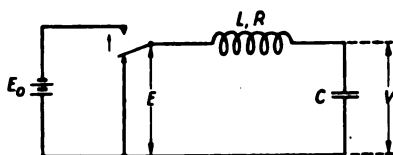


Fig. 1. — Circuit résonant.

tion du temps de la tension E à l'entrée du système résonant, qui est une ligne brisée, comme on le voit sur la figure 2. Pour t négatif, la tension d'entrée est nulle ; au temps $t = 0$, on ferme le commutateur, de sorte que, pour t positif, on a, comme tension d'entrée : $E = E_0$. La variation de cette tension peut être exprimée par une intégrale bien connue, savoir :

$$E(t) = \frac{E_0}{2\pi i} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{d\omega}{\omega} e^{i\omega t}. \quad (3)$$

La tension E est donc constituée par la somme d'oscillations composantes sinusoïdales en nombre infini, de la forme :

$$dE = \frac{E_0}{2\pi i} \cdot \frac{d\omega}{\omega} e^{i\omega t}. \quad (4)$$

On peut imaginer que ces oscillations composantes, d'amplitude $\frac{E_0 d\omega}{2\pi i \omega}$ et de fréquence ω (1), coexis-

tent à l'état permanent depuis une époque infiniment reculée. Les lois simples des courants alternatifs sont valables pour ces oscillations composantes. A chaque oscillation

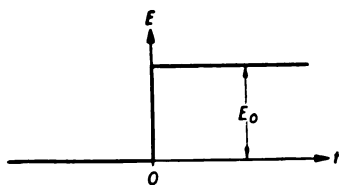


Fig. 2. — Saut brusque de tension.

composante dE , correspond une tension composante dV de même fréquence, appliquée au condensateur C , et l'on a :

$$dV = A e^{-ia} dE, \quad (5)$$

1. L'auteur emploie le mot *fréquence* pour désigner la pulsation ou fréquence angulaire $\omega = 2\pi f$ (Note du traducteur).

expression dans laquelle le facteur complexe

$$Ae^{-ia} \frac{1}{1 + RCi\omega + LC(i\omega)^2} \quad (6)$$

fournit, de la manière que l'on sait, la courbe de résonance du circuit.

Le facteur A présente un maximum pour la fréquence de résonance et décroît aux fréquences plus élevées et aux fréquences plus basses. Parmi les oscillations composantes, prédominent donc celles dont la fréquence est voisine de la fréquence de résonance. Selon cette conception, le phénomène transitoire consiste en ce que ces dernières composantes passent seules à travers le filtre. L'action filtrante est d'autant plus marquée que la courbe de résonance est plus aiguë ou que le circuit résonant est moins amorti. Mathématiquement, on obtient la représentation du phénomène lui-même en sommant les tensions composantes dV pour toutes les fréquences ; on a ainsi :

$$V = \frac{E_0}{2\pi i} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{d\omega e^{i\omega t}}{\omega(1 + RCi\omega - LC\omega^2)}. \quad (7)$$

Les deux manières de concevoir le phénomène doivent naturellement conduire au même résultat, et cette concordance résulte effectivement de ce que l'équation (7) est identique à la solution du système d'équations (1) et (2), ce que nous démontrons rigoureusement dans l'appendice 1.

La deuxième conception a trouvé de fructueuses applications. C'est sur elle, ainsi que l'a montré K.-W. Wagner (*), que repose la célèbre formule de Heaviside. L'avantage pratique de cette méthode réside en ceci, qu'elle établit un lien entre les phénomènes transitoires et les conditions (accessibles aux calculs et aux mesures) qui caractérisent le régime permanent. Nous allons, dans ce qui suit, examiner de près cette correspondance, dans le but d'obtenir des règles permettant de calculer la marche des phénomènes transitoires dans divers cas importants se présentant dans la technique des communications et où le calcul direct se heurte à de sérieuses difficultés. Le

1. *Archiv für Elektrotechnik*, 4, p. 159.

principe sur lequel reposent les considérations qui vont suivre est de remplacer le facteur Ae^{-ia} , dont la signification peut d'ailleurs être généralisée, par des fonctions simples qui permettent l'évaluation approchée de l'intégrale de Fourier.

II. FACTEUR DE TRANSMISSION ET PHÉNOMÈNES TRANSITOIRES.

La représentation par l'intégrale précédente de la tension V aux bornes du condensateur est justifiée parce qu'il s'agit, dans le cas considéré, de grandeurs qui dépendent linéairement les unes des autres. Le principe de la superposition des oscillations composantes est alors valable. Un tel système est appelé *système linéaire*. Il est caractérisé par ce fait, que les phénomènes physiques dont il est le siège peuvent être décrits au moyen de grandeurs variables S_1, S_2, S_3 , etc..., liées les unes aux autres par des équations différentielles ou intégrales linéaires. On peut représenter de cette manière les phénomènes du champ électromagnétique, les phénomènes de propagation de la chaleur et, quand il s'agit de mouvements suffisamment petits, les phénomènes mécaniques.

Dans les problèmes pratiques, il s'agit le plus souvent de relations entre deux des grandeurs du système, par exemple entre une « force » S_1 et une grandeur S_2 qui en dépend. Dans l'hypothèse d'un système linéaire, on a, entre ces deux grandeurs, en régime permanent, la relation :

$$S_2 = \mathcal{A} S_1, \quad (8)$$

dans laquelle $\mathcal{A}$ est un facteur indépendant de S_1 . Si l'on emploie la représentation vectorielle symbolique pour les grandeurs S_1 et S_2 , $\mathcal{A}$ est, dans le cas général, une quantité complexe dépendant de la fréquence :

$$\mathcal{A} = A(\omega) e^{-ia(\omega)} \quad (9)$$

Nous appellerons $A(\omega)$ le *facteur de transmission*, et $a(\omega)$ l'*angle de transmission* du système. Les grandeurs S_1 et S_2 peuvent être tout à fait différentes et de nature arbitraire : S_1 peut représenter, par exemple, une force mécanique, une tension électrique, une pression acoustique ; S_2 pourrait représenter une vitesse, une intensité de champ magnétique ou l'intensité d'un courant électrique. Dans

la technique téléphonique, on fait un usage étendu du concept auquel correspond le quantité $\mathcal{A}$; on sait que, dans le cas où les grandeurs S_1 et S_2 sont de même dimension, on écrit :

$$A = e^{-b},$$

et qu'on appelle b l'*affaiblissement effectif* du système.

Le facteur de transmission complexe fournit une description complète du système, relativement aux grandeurs S_1 et S_2 . Comme on l'a montré dans l'exemple du circuit résonant, ce facteur détermine l'allure, en fonction du temps, des phénomènes transitoires. Ces derniers se présentent sous leur forme la plus simple quand la force S_1 saute instantanément d'une valeur à une autre et reste constante tout le reste du temps. Toutes les autres formes de phénomènes transitoires peuvent se ramener à celle-là ⁽¹⁾. Si la quantité S_1 était d'abord nulle et qu'elle ait sauté, au temps $t = 0$, à la valeur constante S_0 , on peut écrire :

$$S_1 = \frac{S_0}{2\pi i} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{d\omega}{\omega} e^{i\omega t}, \quad (10)$$

et l'on aura :

$$S_2 = \frac{S_0}{2\pi i} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{A d\omega}{\omega} e^{i\omega t - ia}. \quad (11)$$

Posons, comme cas particulier :

$$\left. \begin{aligned} A &= A_0 = \text{constante,} \\ a &= \omega t_0, \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

où t_0 est une constante ; il vient :

$$S_2 = A_0 \frac{S_0}{2\pi i} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{d\omega}{\omega} e^{i\omega(t-t_0)}.$$

S_2 est ici identique à $A_0 S_1$ (équation 10) si le temps t est rapporté à l'époque t_0 . Si les conditions (12) sont réalisées, n'importe quelle autre loi de variation de S_1 sera fidèlement reproduite avec un retard t_0 . On dit, dans ce cas, que le système linéaire est sans distorsion, et la quantité t_0 s'appelle la *durée de propagation*. De tels systèmes sans distorsion sont réalisés pratiquement d'une manière approchée dans les dispositifs de transmission téléphonique. On pourrait, par exem-

1. Voy. aussi l'Appendice 2.

ple, dans ce cas, prendre pour la quantité S_1 la pression alternative due aux ondes sonores sortant de la bouche de la personne qui parle, et pour la quantité S_2 la pression correspondante due aux vibrations de la membrane de l'écouteur téléphonique. La transmission est alors d'autant plus parfaite que les conditions (12) sont plus exactement remplies. Ces considérations montrent que le fonctionnement du système peut être décrit par une relation entre les grandeurs mesurées à ses extrémités. On fait usage de cette remarque dans certains dispositifs d'anti-distorsion. En général, A et a ne rempliront pas les conditions (12), et l'on dira alors qu'on a affaire à la *distorsion d'amplitude* ou *distorsion d'affaiblissement* et à la *distorsion de phase*.

De l'équation (11), on peut encore déduire les deux propositions générales suivantes :

Proposition 1. — Si, dans un système linéaire, l'angle de transmission est augmenté d'une quantité ωt_1 proportionnelle à la fréquence, tous les phénomènes sont retardés dans le temps de la quantité t_1 .

Proposition 2. — Si la force $S_1(t)$ a pour effet une quantité $S'_1(t)$ avec le facteur de transmission α_1 , une quantité $S''_2(t)$ avec le facteur de transmission α_2 , la même force $S_1(t)$ a pour effet, dans un système ayant pour facteur de transmission.

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= \alpha_1 + \alpha_2, \\ S_2 &= S'_2 + S''_2. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

La dernière proposition simplifie le calcul des phénomènes transitoires lorsque le facteur de transmission peut être exprimé par une somme d'éléments plus simples.

1. La distorsion d'amplitude. — Les formes les plus importantes de la distorsion d'amplitude sont réalisées dans les appareils appelés *filtres*. Ceux-ci arrêtent les oscillations composantes dans des bandes de fréquences définies, tandis qu'ils se laissent traverser par toutes les autres fréquences. On peut se représenter d'une manière simple les effets d'une pareille discrimination des fréquences, si l'on considère le cas idéal où, dans les bandes de passage, la trans-

mission est sans distorsion, où, par conséquent, les conditions (12) sont valables, et où, dans le reste de l'intervalle, la transmission est complètement bloquée.

Le filtre « passe-bas » idéal, qui est réalisé d'une manière approchée et sous la forme la plus simple par une succession indé-

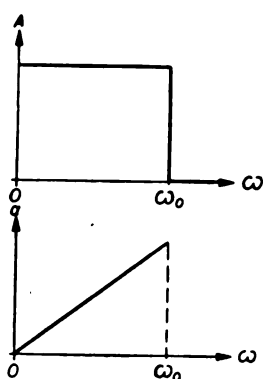


Fig. 3.

Filtre passe-bas idéal.

finie d'inductances en série et de capacités en parallèles (¹), possède les caractéristiques de transmission représentées par la figure 3. Le facteur de transmission est constant jusqu'à la fréquence ω_0 , que nous appelons *fréquence de coupure*, et nul pour les fréquences supérieures ; l'angle de transmission est proportionnel à la fréquence. Si, partant de cette hypothèse, on fait la somme des oscillations composantes élémentaires provoquées par un saut brusque de la force S_1 passant de la valeur nulle à la valeur S_0 , on obtient l'allure du phé-

mène transitoire représentée par la figure 4. La quantité S_2 qui tout d'abord était nulle, atteint graduellement sa valeur finale dans un intervalle de temps de l'ordre de $t = t_0$.

La quantité S_2 a une valeur finie, d'après la figure 4, même à des

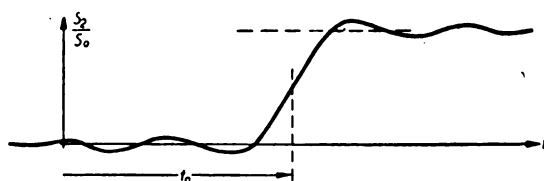


Fig. 4. — Phénomènes transitoires dans le filtre passe-bas.

époques extrêmement reculées. Ceci n'est naturellement pas possible dans la réalité ; pour t négatif, S_2 doit être nul. La raison pour laquelle cette condition n'est pas remplie est qu'ici le facteur de transmission et l'angle de transmission ont été choisis arbitraire-

1. K.-W. WAGNER, *Arch. f. Elektr.*, 8 (1919), p. 61.

ment. Mais dans tous les systèmes physiques, il existe entre ces deux grandeurs, une certaine relation, qui s'obtient sous forme mathématique précisément en écrivant que la condition $S_2 = 0$ est vérifiée pour t négatif. Il résulte de la figure 4 que les hypothèses faites sur A et a ne pourraient être strictement réalisées que pour des temps de propagation t_0 infiniment grands. Pour des temps de propagation finis, la courbe de la figure 4 n'est qu'une représentation approchée, dont le degré d'approximation peut être mesuré par la grandeur de S_2 pour $t = 0$. L'approximation comme on le montre dans l'appen-

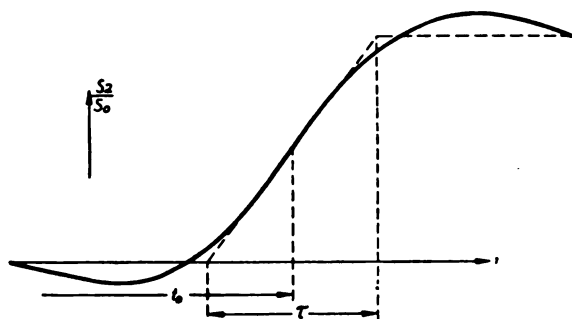


Fig. 5. — Définition de la durée des phénomènes transitoires.

dice 2, est toutefois suffisante pour les besoins de la pratique, même pour des temps de propagation relativement petits.

Dans la pratique, il est important de connaître la rapidité avec laquelle S_2 atteint sa valeur finale. On peut caractériser cette rapidité par la montée de la courbe S_2/S_0 ou par la quantité dite *durée des phénomènes transitoires*. Pour définir cette durée aussi simplement que possible, nous mènerons, au point $t = t_0$, une tangente à la courbe S_2/S_0 , que nous arrêterons d'une part à l'axe des abscisses, d'autre part au point dont l'ordonnée est la valeur finale de la grandeur S_2/S_0 ; la durée τ des phénomènes transitoires sera alors définie par la différence des temps correspondant à ces deux points limites, comme le montre la figure 5. Un calcul simple nous donne :

$$\tau = \frac{\pi}{\omega_0}, \quad (14)$$

d'où la proposition suivante :

La durée des phénomènes transitoires dans un filtre passe-bas est inversement proportionnelle à sa fréquence de coupure, et le produit de cette durée par la fréquence de coupure est égal à π .

Lorsqu'il s'agit d'appliquer cette proposition aux filtres passe-bas réels dont le facteur de transmission s'écarte de la forme rectangulaire, la question se pose de savoir comment définir leur fréquence de coupure. On peut ici faire état de considérations toutes semblables à celles qui ont déjà été présentées ailleurs, au sujet des filtres (¹), et que nous rappelons brièvement dans l'appendice 2. On en déduit qu'on obtient une approximation convenable quand on définit la fréquence de coupure comme celle pour laquelle la courbe de fréquence du facteur de transmission atteint sa pente maximum. Comme on le montre dans l'appendice 2, il est plus exact de poser, pour la fréquence de coupure :

$$\omega_0 = \frac{1}{A(0)} \int_0^\infty A(\omega) d\omega. \quad (15)$$

La fréquence de coupure est ainsi définie comme la base du rectangle équivalent à la surface comprise entre le facteur de transmission

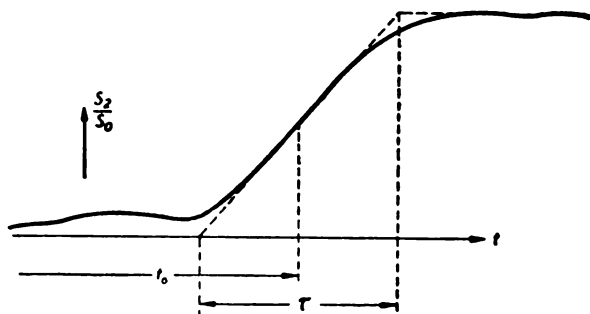


Fig. 6. — Phénomènes transitoires.

et l'axe des fréquences, ces deux surfaces ayant même ordonnée initiale.

La relation donnée par l'équation (14) est d'importance pour la télégraphie à courant continu. Si l'on veut télégraphier à une vitesse déterminée, la durée des phénomènes transitoires τ ne doit

1. K. Küpfmüller, *E. N. T.*, 1 (1924), p. 141.

pas dépasser une certaine valeur. Le système de transmission doit, par conséquent, transmettre toutes les fréquences au moins jusqu'à la fréquence de coupure ω_0 définie par l'équation (14), ou, en d'autres termes, on a besoin d'une bande de fréquences de largeur minimum $\frac{\pi}{\tau}$.

S'agit-il de l'application soudaine d'une force sinusoïdale S_1 de fréquence Ω , d'une tension alternative par exemple, dans le domaine électrique, S_2 n'atteint de même que peu à peu sa valeur finale. On peut se représenter l'allure de S_2 comme résultant du produit de

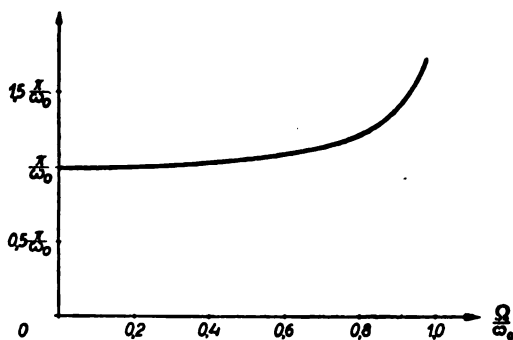


Fig. 7. — Durée des phénomènes transitoires en fonction du rapport des fréquences.

l'oscillation sinusoïdale dans l'état stationnaire et d'une fonction ayant une allure semblable à celle que représente la figure 4, laquelle représente donc la courbe enveloppe de l'oscillation. La période transitoire dépend ici quelque peu des valeurs relatives de la fréquence Ω et de la fréquence de coupure. Pour $\frac{\Omega}{\omega_0} = 0,5$, on obtient la courbe enveloppe de la figure 6. La relation (14) est ici encore valable approximativement. La relation exacte entre τ , ω_0 et Ω est donnée par la figure 7 (1). La constante de temps augmente un peu, d'après

1 L'équation de la courbe enveloppe est :

$$\varphi(t) = \sqrt{\varphi_1^2 + \varphi_2^2},$$

où
$$\varphi_1 = \frac{1}{2} + \frac{1}{2\pi} \sin(\omega_0 + \Omega)t + \frac{1}{2\pi} \sin(\omega_0 - \Omega)t$$

et
$$\varphi_2 = \frac{1}{2\pi} \cos(\omega_0 + \Omega)t - \frac{1}{2\pi} \cos(\omega_0 - \Omega)t.$$

cela, lorsqu'on se rapproche de la fréquence de coupure. Si $\frac{\Omega}{\omega_0} = 0,8$, l'accroissement n'est que de 20 % environ. Dans les circuits réels pupinisés, la constante de temps, quand on approche de la fréquence de coupure, croît, en général, beaucoup plus rapidement que ne l'indique la courbe de la figure 7, parce que la condition relative à l'absence de distorsion de phase n'est plus suffisamment remplie (voy. § 2).

Il est intéressant maintenant de rechercher comment devrait

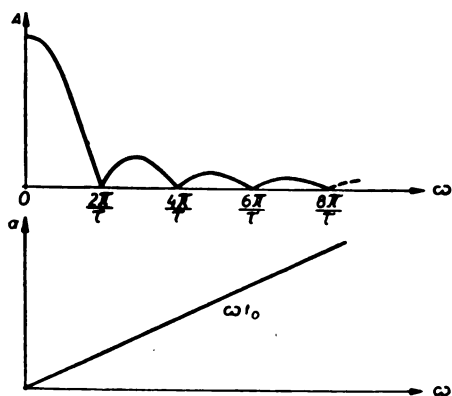


Fig. 8. — Facteur de transmission d'une fente.

être constitué le système de transmission, pour que la variation de grandeur S_2 soit représentée par la ligne brisée dessinée en traits enlevés sur la figure 5. On obtient par un calcul simple (appendice 3) le facteur de transmission représenté en fonction de la fréquence sur la figure 8. L'angle de transmission est proportionnel à la fréquence ; nous sommes donc ici en présence d'un système affecté d'une pure distorsion d'amplitude. On se trouve dans ce cas d'une manière très approchée avec les systèmes optiques employés pour la *télégraphie des images et les films parlants*, et qui emploient une fente de largeur constante. Si le film se déplace avec une vitesse v devant la fente de largeur s , on a :

$$\tau = \frac{s}{v},$$

si l'on prend pour grandeur S_2 la noirceur du film ⁽¹⁾, et pour S_1 , par exemple, l'éclairement de l'image de la fente. La distorsion d'amplitude indiquée sur la figure 8 doit être prise en considération dans le choix de la largeur de la fente et de la vitesse de déplacement.

Si le facteur de transmission s'annule au voisinage de la fréquence zéro, nous nous trouvons en présence du cas idéal du filtre de bande ordinaire, dont la forme la plus simple est la ligne artificielle à bande de passage. Ici, les caractéristiques de transmission ont

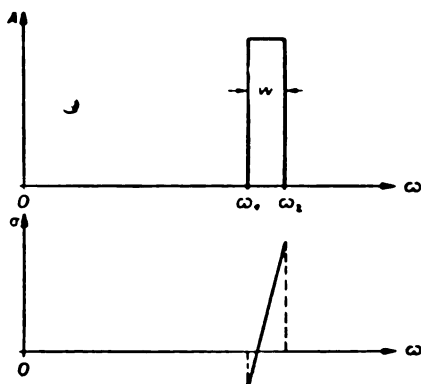


Fig. 9. — Filtre de bande idéal.

l'allure représentée sur la figure 9. N'est transmise sans distorsion qu'une étroite bande de fréquence de largeur

$$w = \omega_2 - \omega_1.$$

Les phénomènes transitoires provoqués par l'application soudaine d'une force sinusoïdale S_1 de fréquence $\Omega = \frac{1}{2}(\omega_1 + \omega_2)$ peuvent être représentés par la courbe enveloppe de la figure 10. Pour la durée des phénomènes transitoires ⁽²⁾, on a approximativement, lorsque w est inférieur à $0,2 \Omega$:

$$\tau = 2 \frac{\pi}{w}; \quad (16)$$

la durée des phénomènes transitoires est donc inversement propor-

1. On suppose qu'on utilise une portion à peu près linéaire de la courbe de noircissement.

2. Voy aussi d'autres études de K. KÜPFMÜLLER sur le même sujet.

tionnelle à la largeur de bande w du système ; mais ici, la constante de proportionnalité a une valeur deux fois plus grande que dans le cas de l'équation (14) (1). Cette relation a une importance fondamentale pour la télégraphie avec onde porteuse, par exemple, la télégraphie sans fil et la télégraphie multiple sur conducteurs (2). Elle détermine le nombre de voies pouvant être employées simultanément dans un intervalle de fréquences donné. Si, en télégraphie rapide,

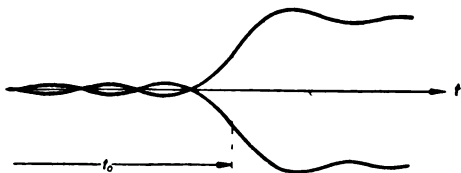


Fig. 10. — Phénomènes transitoires dans le filtre de bande.

on table, par exemple, sur une durée du régime transitoire admissible de 10ms , on trouve, en appliquant la formule (16), pour l'intervalle de fréquences qu'il est nécessaire de transmettre :

$$w = \frac{2\pi}{0,01} = 628,$$

soit 100 p.p.s. Si l'on dispose, en tout, d'un intervalle de 1500 p.p.s., par exemple, on pourra exploiter simultanément, dans le cas limite théorique, $1500 : 100 = 15$ voies.

Ce que l'on a dit au sujet du filtre de bande de basses fréquences est valable pour la détermination de la largeur w de l'intervalle perméable dans les filtres réels. Les fréquences de coupure ont, dans ce cas, des valeurs voisines de celles pour lesquelles le facteur de transmission est réduit à $e^{-1/2}$ fois sa valeur maximum.

La force sinusoïdale S_1 , soudainement appliquée, contient des oscillations composantes de toutes les fréquences entre zéro et l'infini ; la quantité S_2 prend par suite une valeur finie, même quand la

1. Pour établir la formule (16), on suppose qu'il n'existe aucune distorsion de phase dans la zone de perméabilité. On doit tenir compte de ce fait pour le calcul des filtres de bande à utiliser en télégraphie. La distorsion de phase augmente, en général, la durée de la constante de temps ; par conséquent, l'équation (16) représente la relation qui a lieu dans le cas le plus favorable.

2. F. LÜSCHEN et K. KÜPFMÜLLER, *E. N. T.*, 4, p. 165, 1927.

fréquence Ω se trouve en dehors de la bande de passage. Par un calcul simple, on obtient dans ce cas l'allure fondamentale de S_2 , illustrée par la figure 11 (voy. appendice 4). Les amplitudes maxima sont d'autant plus grandes que la bande de passage w du système est plus large et que la fréquence Ω est plus voisine de celle-ci. En télégraphie multiple, ce phénomène se traduirait par une perturbation des voies de transmission voisines. En conséquence, on supprime du spectre des signaux télégraphiques les oscillations composantes superflues au moyen d'un filtre placé immédiatement après l'appareil

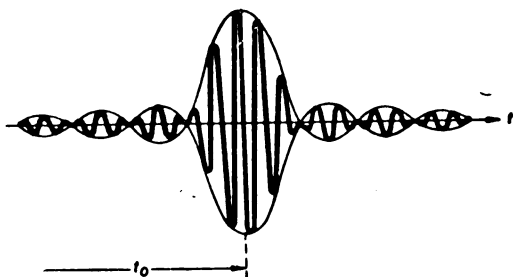


Fig. 11. — Fréquence en dehors de la bande de passage.

reil émetteur. En télégraphie sans fil, on obtient ce même résultat par l'accord de l'antenne émettrice.

Cette façon de considérer les faits est d'une importance particulière pour le problème de la protection contre les perturbations parasites dans les transmissions sans fil. Si S_1 représente l'intensité du champ au voisinage de l'antenne réceptrice, et S_2 l'intensité du courant dans l'appareil récepteur, on a, dans le cas idéal, un facteur de transmission comme celui de la figure 9. S'il se produit une perturbation soudaine quelconque de l'intensité du champ, une partie des oscillations composantes de cette perturbation tombe dans la bande de passage et parvient à l'appareil récepteur. Dans le cas de bandes de passage relativement étroites, comme celles qu'on utilise en télégraphie et en téléphonie sans fil, l'amplitude de cette perturbation est, en moyenne, proportionnelle à la largeur w . Le problème de la suppression des perturbations consiste donc simplement à rendre la bande de passage w aussi petite que possible ⁽¹⁾ ;

1. K. KÜPFMÜLLER, *E.N.T.*, 3, p. 112, 1926.

la limite inférieure de celle-ci est fournie par la relation (16) en ce qui concerne la télégraphie et la transmission des images, et par les conditions auxquelles sont subordonnées la netteté et la fidélité des reproductions quand il s'agit de téléphonie et de transmission de musique. Il y a par suite une limite physique à l'élimination des perturbations, limite qui ne saurait être franchie (1).

On peut encore, par la même méthode, étudier d'autres types de distorsion d'amplitude ; mais cette étude n'apporte rien d'essentiellement nouveau par rapport à ce qui vient d'être dit.

2. La distorsion de phase. — Si l'angle de transmission α est proportionnel à la fréquence, $\alpha = \omega t_0$, toutes les oscillations composantes de la force S_1 sont retardées de la même quantité.

$$t_0 = \frac{d\alpha}{d\omega}.$$

On obtient, par conséquent, pour la grandeur S_2 , une image exacte de la grandeur S_1 . Par contre, si l'angle de transmission est fonction de la fréquence suivant une autre loi, aux oscillations composantes particulières correspondent des données de propagation différentes, et c'est déphasées les unes par rapport aux autres que ces oscillations se combinent pour former la grandeur S_2 ; comme pour la distorsion d'amplitude, une période transitoire fait suite à chaque modification d'un état de régime permanent. Le problème de la distorsion de phase ne peut être ramené à des types aussi simples que le problème de la distorsion d'amplitude. On peut cependant obtenir comme il suit une relation générale utilisable dans le cas, important pour la pratique, où la durée de propagation est grande (comme lorsqu'il s'agit de circuits téléphoniques).

Supposons que l'angle de transmission dépende d'une manière quelconque de la fréquence. Divisons l'ensemble du domaine des fréquences en bandes suffisamment étroites pour qu'à l'intérieur de chacune d'elles α puisse être remplacé avec une approximation suffi-

1. Ces considérations ne touchent naturellement en rien la possibilité d'atténuer les perturbations par l'emploi d'antennes de type approprié (« sélectivité directionnelle »).

sante par une fonction linéaire de la fréquence. Dans chacun de ces intervalles, $\frac{da}{d\omega}$ peut être considéré comme constant, et nous appellerons

$$t_v = \frac{da}{d\omega}$$

la durée de propagation dans la $\nu^{\text{ième}}$ bande. Soient ω_ν et $\omega_{\nu+1}$ les fréquences de coupure de cette bande. Nous pouvons alors appliquer à chacune de ces bandes les relations qui ont été trouvées pour le filtre idéal. Pour le cas, pratiquement important, où au temps $t=0$ on applique tout à coup une force sinusoïdale S_1 de fréquence Ω , on obtiendra l'image suivante. Parmi toutes les bandes de fréquences, il s'en trouve d'abord une qui contient la fréquence Ω . Cette bande contribue à la formation de la grandeur S_2 pour une portion dont l'allure est donnée par la figure 10 ; on doit poser $w = \omega_{\nu+1} - \omega_\nu$. Sa durée de propagation est celle de la bande de fréquences considérée ; elle a pour valeur :

$$t_m = \left[\frac{da}{d\omega} \right]_{\omega=\Omega}.$$

C'est donc au bout de ce temps que la portion principale de l'énergie parvient au point où l'on mesure la grandeur S_2 . Toutes les autres bandes de fréquences fournissent des fractions de l'énergie totale dont l'allure est représentée par la figure 11. Ce sont des impulsions dont l'amplitude maximum arrive au bout du temps t_v correspondant à la bande de fréquences considérée. Parmi ces bandes, il s'en trouve alors au moins une à laquelle correspond la valeur la plus faible de t_v . Cette valeur minimum de t_v détermine le temps de propagation de l'impulsion qui arrive la première ; on peut la considérer comme définissant le commencement du phénomène transitoire :

$$t_n = \left[\frac{da}{d\omega} \right]_{\min}.$$

La fin du phénomène transitoire, au sens strict, devrait, à la vérité, se trouver à l'infini, mais, dans la pratique, on peut considérer le phénomène comme achevé après le temps t_m que met à se propager la portion principale de l'oscillation. La période transitoire ou constante de temps τ est donc donnée par la différence t_m que met à se

propager la portion principale de l'oscillation. La période transitoire ou constante de temps τ est donc donnée par la différence $t_m - t_n$, et l'on a :

$$\tau = \left[\frac{da}{d\omega} \right]_{\omega=\Omega} - \left[\frac{da}{d\omega} \right]_{\min}. \quad (17)$$

Pour l'angle de transmission a d'un circuit pupinisé ayant une fréquence de coupure ω_0 , on a, selon la théorie des filtres :

$$a = 2 \frac{l}{s} \arcsin \frac{\omega}{\omega_0},$$

l désignant la longueur du circuit, et s l'espacement des bobines. On a par suite :

$$\frac{da}{d\omega} = \frac{2l}{s\omega_0} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}}, \quad (18)$$

et, en se servant de l'équation (17) :

$$\tau = \frac{2l}{s\omega_0} \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}} - 1 \right). \quad (19)$$

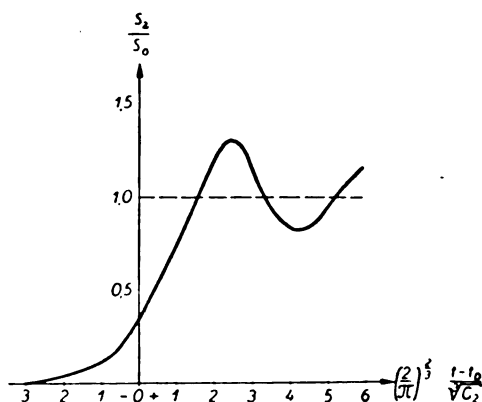


Fig. 12. — Phénomènes transitoires sur un circuit pupinisé.

Cette relation a été confirmée par la pratique. Les troubles de transmission causés sur les circuits pupinisés par la distorsion de phase ont rendu nécessaire, comme on le sait, l'application de mesures spéciales

en particulier une élévation de la fréquence de coupure ω_0 pour les très longs circuits ⁽¹⁾.

Pour quelques cas spéciaux de distorsion de phase, J. Carson ⁽²⁾ a calculé plus exactement l'allure du phénomène transitoire, et cela

$$\begin{aligned} \text{pour} \quad & a = \omega l_0 + c_1 \omega^2 \\ \text{et} \quad & a = \omega l_0 + c_2 \omega^3. \end{aligned}$$

Dans le deuxième cas, qui se présente lorsqu'on applique une tension continue à l'origine d'un long circuit pupinisé, on obtient la forme de courbe représentée sur la figure 12. Pour le circuit pupinisé, on devrait poser :

$$l_0 = \frac{2l}{s\omega_0}, \quad (20)$$

$$c_2 = \frac{l}{3s\omega_0^3}. \quad (21)$$

D'après cela, la période transitoire est proportionnelle à la racine cubique de la longueur du circuit et inversement proportionnelle à la fréquence de coupure.

3. Distorsion d'amplitude et distorsion de phase. — Dans le cas général, la distorsion d'amplitude et la distorsion de phase peuvent être présentes simultanément. On tire alors de ce qui précède la règle suivante. Soit w la largeur de la bande de passage ; on peut en déduire le temps τ_1 :

$$\tau_1 = \frac{2\pi}{w}.$$

De la courbe de durée de propagation, on tire en outre, à l'aide de l'équation (17), la valeur suivante de τ_2 :

$$\tau_2 = \left[\frac{da}{d\omega} \right]_{\Omega} - \left[\frac{da}{d\omega} \right]_{\min}.$$

Si maintenant τ_1 est petit par rapport à τ_2 , la durée des phénomènes transitoires est approximativement égale à τ_2 ; c'est le cas où la distorsion de phase est prédominante. Si, d'autre part, τ_2 est petit par

1. K. KÜPFMÜLLER, *E.N.T.*, 3, p. 82, 1926 ; K. KÜPFMÜLLER et H.-F. MAYER, *Wiss. Ver. a.d. Siemens-Konzern*, 5, 1926, n° 1.

2. *Bell System Techn. Journ.*, 3, n° 4, 1924.

Ann. des P.T.T., 1929-IX (18^e année).

rapport à τ_1 , c'est-à-dire si la distorsion d'amplitude l'emporte de beaucoup, la durée des phénomènes transitoires est approximativement égale à τ_1 . Par contre, si τ_1 et τ_2 ont des valeurs à peu près égales, les relations sont plus complexes et l'on ne peut formuler de règle générale pour déterminer la durée des phénomènes transitoires. Nous nous bornons, dans ce qui suit, à l'examen de deux cas spéciaux de distorsion d'amplitude et de distorsion de phase simultanées.

Considérons le cas d'un filtre idéal avec distorsion de phase. Supposons que le facteur de transmission soit donné par la figure 9 et que l'angle de phase dépende de la fréquence par une relation de la forme :

$$a = c_0 + c_1 \omega + c_2 \omega^2; \quad (22)$$

le temps élémentaire de propagation $\frac{da}{d\omega}$ croîtra donc linéairement avec la fréquence, de sorte que la différence des temps de propagation pour les fréquences de coupure aura pour valeur :

$$\left[\frac{da}{d\omega} \right]_{\omega_2} - \left[\frac{da}{d\omega} \right]_{\omega_1} = T. \quad (23)$$

Ce cas présente une importance pratique pour la télégraphie multiple sur les longs circuits en câbles pupinisés. On peut en effet

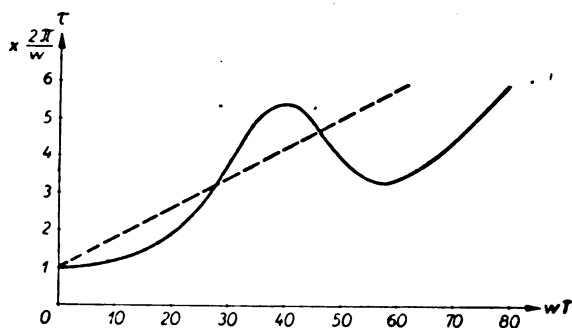


Fig. 13. — Durée des phénomènes transitoires sur une voie télégraphique.

représenter très approximativement l'angle de phase dans la bande de passage de chacune des voies par une relation du type de l'équation (22). Par un calcul simple, qui consiste ici encore à sommer les oscillations composantes de la force S_1 dans l'intervalle de fréquence

ω_1 à ω_2 , en tenant compte des angles de phase fournis par l'équation (22), on trouve que la durée des phénomènes transitoires d'un tel système est donnée par l'équation (16), où la quantité ω est prise égale à la différence $\omega_2 - \omega_1 = w$. Lorsque la différence T des temps élémentaires de propagation croît, la durée des phénomènes transitoires croît d'abord lentement, puis plus vite, et l'on obtient la relation indiquée par la figure 13 (Voy. appendice 5). On peut obtenir comme il suit une règle simple permettant de calculer la durée des phénomènes transitoires. La durée du régime transitoire a d'abord la valeur définie par l'équation (16) et provenant de la distorsion d'amplitude. A cela il faut ajouter, d'après ce qui a été dit au paragraphe 2, la différence entre le temps de propagation pour la fréquence porteuse et le temps minimum de propagation ; cette différence, d'après la définition de T , est égale à $1/2 T$. On peut donc s'attendre à ce que la relation

$$\tau = 2 \frac{\pi}{w} + \frac{1}{2} T$$

ait lieu d'une manière approchée. Cette relation est représentée sur la figure 13 par la ligne en traits enlevés ; on voit qu'elle fournit bien, dans l'ensemble, une certaine approximation.

Pour un circuit pupinisé de 4000 kilomètres de longueur, supposons que l'on ait, par exemple, $\omega_0 = 17000$ et $S = 2$ kilomètres. Supposons que le filtre ait une bande de passage de $\omega_1 = 11000$ à $\omega_2 = 12.000$, d'où : $w = 1000$. D'après l'équation (18), le temps élémentaire de propagation est :

$$\frac{da}{d\omega} = 0^s,310 \text{ pour } \omega_1 = 11000.$$

$$\frac{da}{d\omega} = 0^s,333 \text{ pour } \omega_2 = 12000.$$

La différence des temps élémentaires est donc $T = 0^s,023$. Il en résulte que $w T = 23$, et la courbe de la figure 13 montre que la durée des phénomènes transitoires est multipliée par 2,3 environ. C'est ce phénomène qui limite, sur les circuits pupinisés en câbles, la portée des communications télégraphiques utilisant les fréquences musicales. D'autre part, si l'on fixe à l'avance la valeur de la durée des phéno-

mènes transitoires, la courbe de la figure 13 permet d'en déduire la largeur de la bande de fréquences nécessaire.

Considérons maintenant un deuxième cas de coexistence de la distorsion d'amplitude et de la distorsion de phase, cas qui présente également un intérêt pratique. Soit

$$\mathcal{A} = \frac{e^{-i\omega t_0}}{1 - \varepsilon e^{-i\omega t_1}}, \quad (24)$$

où ε , t_0 et t_1 sont des constantes, et $\varepsilon < 1$. La figure 14 montre les

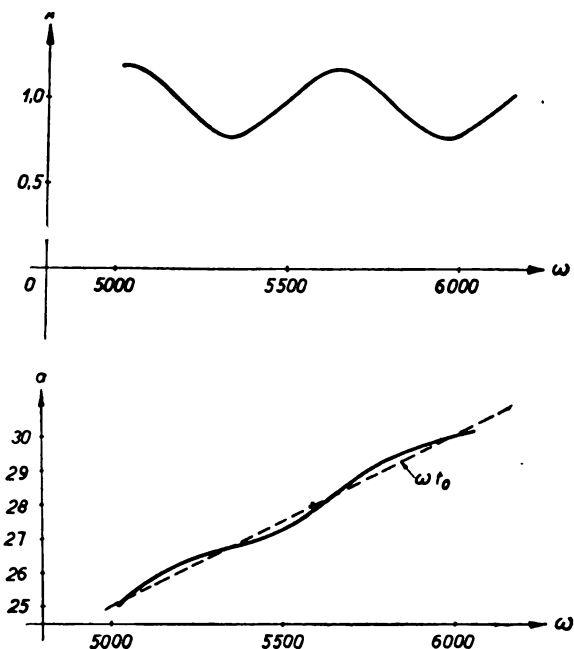


Fig. 14. — Facteur de transmission d'un système avec effet d'écho.

variations de A et α en fonction de la fréquence, d'après l'équation (24), pour $\varepsilon = 0,2$, $t_0 = 5\text{ms}$, $t_1 = 10\text{ms}$. Par développement en série de puissances, on tire de l'équation (24) :

$$\mathcal{A} = e^{-i\omega t_0} + \varepsilon e^{-i\omega(t_0 + t_1)} + \varepsilon^2 e^{-i\omega(t_0 + 2t_1)} + \dots \quad (25)$$

Le facteur de transmission (24) peut donc être représenté par une somme infinie d'éléments dont chacun correspond à un système dénué de distorsion. D'après la seconde proposition énoncée au

début du chapitre II, on obtient, par conséquent, à partir d'une force appliquée S_1 d'allure quelconque,

$$\begin{array}{lll} \text{après le temps } t_0, & \text{la grandeur} & S_2 = S_1, \\ - & t_0 + t_1, & - & S'_2 = \varepsilon S_1, \\ - & t_0 + 2t_1 & - & S_2 = \varepsilon^2 S_1. \end{array}$$

Le facteur de transmission défini par l'équation (24) caractérise donc un système avec effet d'écho. La quantité ε donne l'intensité relative de l'écho ; la quantité t_1 le retard du temps de propagation

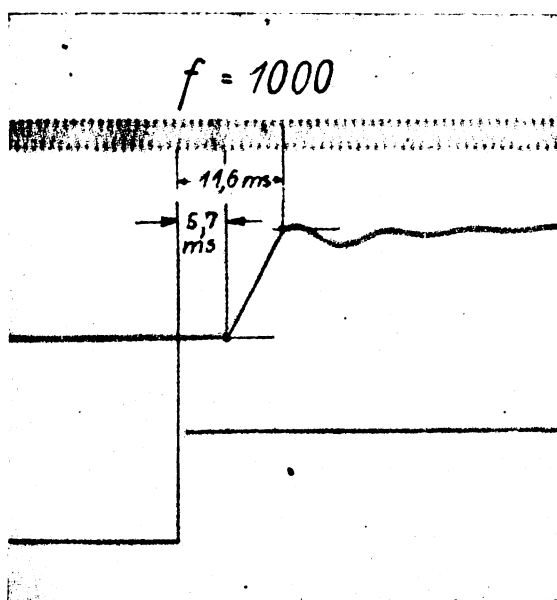


Fig. 15. — Tension appliquée à un circuit pupinisé.

de l'écho ; la quantité t_0 le temps de propagation propre du système. Selon cette manière de voir, l'effet d'écho apparaît comme un aspect particulier de la distorsion d'amplitude et de la distorsion de phase ; là-dessus, reposent certains procédés servant à déterminer en quel endroit des longs circuits existent des points de réflexion ⁽¹⁾.

1. K.-W. WAGNER et K. KÜPFMÜLLER, *Arch. f. Elektr.* 10. p. 135, 1921 ; K. KÜPFMÜLLER, *T.F.T.*, p. 45, 1922 ; FELDTKELLER, *T.F.T.*, 15, p. 97, 1926

III. QUELQUES RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX.

Nous allons exposer, pour terminer, quelques résultats expérimentaux que l'on peut regarder comme une confirmation des règles

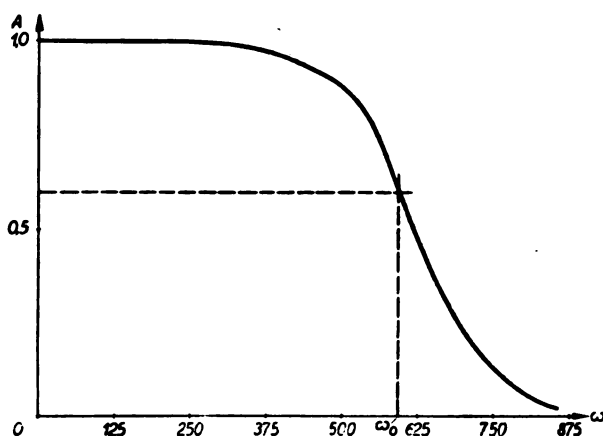


Fig. 16. — Facteur de transmission du circuit pupinisé.

précédemment énoncées. La courbe inférieure de la figure 15 donne, en fonction du temps, la tension appliquée à l'entrée d'un réseau

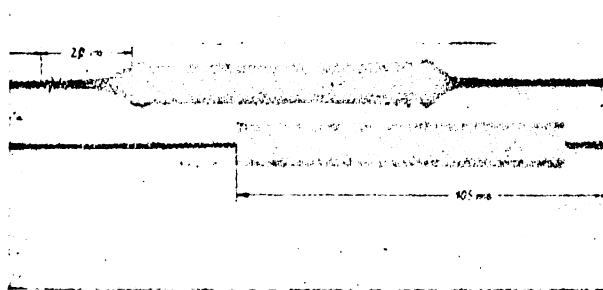


Fig. 17. — Phénomènes transitoires sur un long circuit pupinisé.

composé de deux cellules passe-bas. La courbe du milieu montre l'allure de la tension à la sortie du réseau, et la courbe supérieure servant de repère est une oscillation de 1000 p.p.s. La période tran-

site mesurée est de $5^{\text{ms}},9$. De la figure 16, qui représente le facteur de transmission mesuré de ce réseau, on déduit comme fréquence de coupure $\omega_c = 595$. D'après l'équation (13), on doit avoir, par conséquent, $\tau = \frac{\pi}{595} = 5^{\text{ms}},3$, valeur qui concorde bien avec celle que fournit l'oscillogramme.

Comme exemple de distorsion de phase prédominante, nous

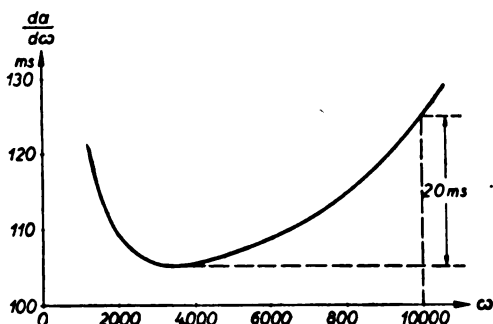


Fig. 18. — Courbe de propagation.

prendrons un circuit pupinisé de 1800 kilomètres de longueur, ayant comme fréquence de coupure $\omega_c = 17000$. Pour la fréquence $\omega = 10.000$, par exemple, on obtient les phénomènes transitoires représentés par la courbe supérieure de la figure 17. La période transitoire τ est d'environ 20 millisecondes. La courbe des valeurs mesurées de $\frac{da}{d\omega}$ est donnée par la figure 18 (1). D'après l'équation (17), on tire de cette courbe, comme durée théorique de la période transitoire, la valeur $\tau = 20$ millisecondes, pour le temps de propagation $t_0 = 105$ millisecondes. Les valeurs concordent avec celles de l'oscillogramme.

Pour vérifier les relations trouvées pour des filtres avec distorsion de phase, on s'est servi d'un filtre tel que le représente la figure 19,

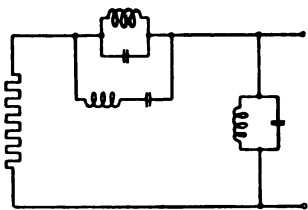


Fig. 19. — Filtre de bande.

1. Au sujet de la mesure du temps de propagation, voy. H.-F. Mayer, E.N.T., 3, p. 141, 1926.

avec les fréquences de coupure $\omega_1 = 8800$ et $\omega_2 = 11800$, présentant donc une largeur $w = 3000$ de la bande de passage. L'affaiblissement effectif b est représenté sur la figure 20. Ce filtre fut mis en série avec des sections de longueurs diverses d'un câble pupinisé

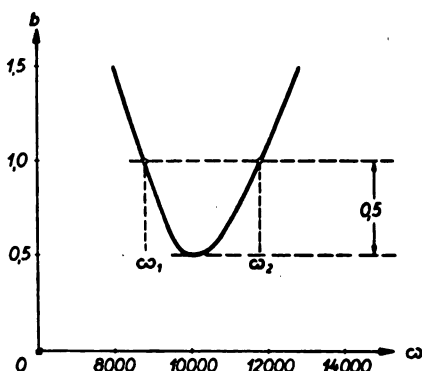


Fig. 20. — Affaiblissement du filtre de bande.

ayant une fréquence de coupure $\omega_0 = 17.000$, de manière à introduire dans la bande de passage, de la distorsion de phase de grandeur exactement définie. Des oscillogrammes relevés, on tira, pour des lon-

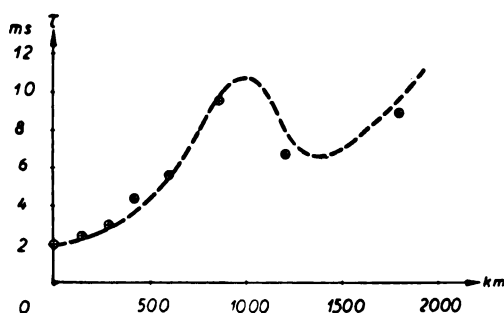


Fig. 21. — Périodes transitoires.

gueurs différentes du circuit pupinisé, les valeurs de la période transitoire marquées par des points sur la figure 21. Sur la même figure, est portée la courbe de la période transitoire théorique, déduite de la figure 13. L'accord est satisfaisant. La figure 22 montre un oscillogramme obtenu au cours de cette série d'essais, et relatif à une longueur de circuit de 600 kilomètres.

La figure 23 montre, enfin, un autre oscillogramme qui confirme l'hypothèse sur laquelle reposent toutes nos considérations, à savoir que, dans des systèmes linéaires, les phénomènes transitoires ne

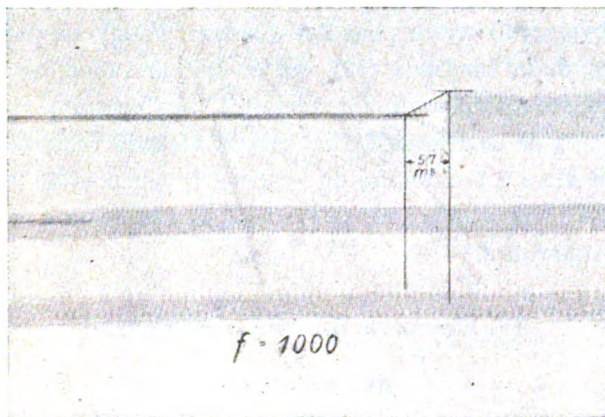


Fig. 22. — Phénomènes transitoires.

dépendent que des caractéristiques de transmission de l'ensemble du système. A l'origine du circuit pupinisé de 1800 kilomètres déjà

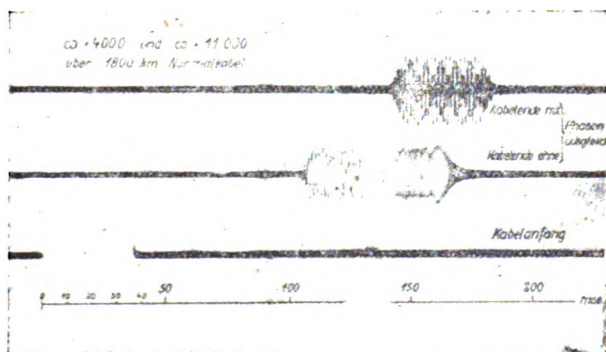


Fig. 23. — Effet du compensateur de phase.

utilisé, on a appliqué simultanément deux tensions alternatives, de fréquences $\omega = 4.000$ et $\omega = 11000$. A l'origine du circuit, on obtient l'oscillogramme représenté au bas de la figure. Par suite

de la différence de leur vitesse de propagation, les deux oscillations atteignent l'une après l'autre l'extrémité du circuit (oscillogramme du milieu); il se manifeste en outre des phénomènes transitoires. En série avec le circuit, on connecte ensuite des réseaux formés d'éléments en croix ayant pour but d'amener l'angle de phase à se rapprocher de la condition (12), qui en fait une fonction linéaire de la fréquence (compensation de phase). L'oscillogramme supérieur montre l'effet de ce dispositif. Les deux oscillations composantes se combinent alors à l'extrémité du système à peu près de la même manière qu'à son origine; sur ce système, la distorsion a été pratiquement supprimée.

IV. ÉTABLISSEMENT DES FORMULES.

Appendice I.

De l'équation (1), on tire, en posant $V = e^{pt}$, l'équation caractéristique bien connue

$$1 + RCp + LCp^2 = 0,$$

qui a pour racines :

$$p = -\delta \pm i\omega_0,$$

$$\delta = \frac{R}{2L},$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}.$$

On en tire, en tenant compte des conditions initiales (2) et de l'équation (1) :

$$V = E_0 \left(1 - e^{-\delta t} \cos \omega_0 t - \frac{\delta}{\omega_0} e^{-\delta t} \sin \omega_0 t \right). \quad (25)$$

Il faut prouver que cette solution est identique à celle qui est représentée par l'intégrale (7). Posons à cet effet :

$$1 + RCi\omega - LC\omega^2 = \frac{(\omega - i\delta + \omega_0)(\omega - i\delta - \omega_0)}{(i\delta - \omega_0)(i\delta + \omega_0)}.$$

L'équation (7) devient :

$$V = \frac{E_0}{2\pi i} (i\delta - \omega_0)(i\delta + \omega_0) \cdot \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{d\omega e^{i\omega t}}{\omega(\omega - i\delta + \omega_0)(\omega - i\delta - \omega_0)}. \quad (26)$$

Le chemin d'intégration de $-\infty$ à $+\infty$ peut être remplacé, dans le

plan complexe ω , pour t , positif, par la ligne fermée AOBC (fig. 24), où le rayon du demi-cercle BCA est pris suffisamment grand. Cette ligne entoure les trois pôles d'ordre un :

$$P : \omega = 0,$$

$$Q : \omega = i\delta = \omega_0,$$

$$R : \omega = i\delta + \omega_0,$$

et l'on peut appliquer à l'intégrale (26) le théorème de Cauchy, pris sous la forme :

$$\frac{1}{2\pi i} \int \frac{e^{i\omega t} d\omega}{(\omega - \omega_0) f(\omega)} = \frac{e^{i\omega_0 t}}{f(\omega_0)}.$$

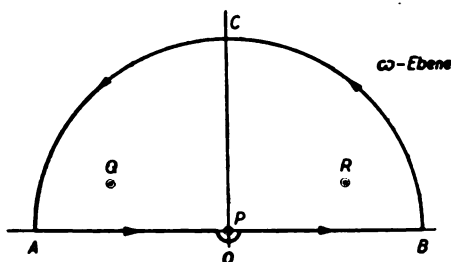


Fig. 24. — Plan d'intégration.

Cela donne immédiatement :

$$V = E_0 + E_0 \frac{i\delta - \omega_0}{2\omega_0} e^{-\delta t + i\omega_0 t} - E_0 \frac{i\delta + \omega_0}{2\omega_0} e^{-\delta t - i\omega_0 t},$$

d'où l'on tire, par une transformation facile, l'équation (25). La même démonstration est valable si les racines p sont réelles.

Appendice 2.

Nous partons de la proposition générale suivante (1) :

Si, pour un saut brusque d'amplitude 1 de la force S_1 , la grandeur S_2 varie dans le temps suivant la loi $\varphi(t)$, la variation de S_2 correspondant à une variation de S_1 d'allure arbitraire est donnée par :

$$S_2 = \frac{d}{dt} \int_0^t S_1(\lambda) \varphi(t - \lambda) d\lambda. \quad (27)$$

1. J. CARSON, *Proc. Am. Inst. El. Eng.*, 1919; F. LÜSCHEN et K. KÜPF-MÜLLER, *Wiss. Ver. d.d. Siemens-Konzern*, Vol. 3, n° 1, p. 109, 1923.

Dans cette relation, le système de transmission est donc caractérisé par la fonction de transition $\varphi(t)$. On trouve la relation entre cette fonction et le facteur de transmission en posant :

$$S_1(t) = \begin{cases} e^{i\omega t} & \text{pour } t > 0, \\ 0 & \text{pour } t < 0. \end{cases}$$

S_2 représente alors le phénomène transitoire relatif à une oscillation de fréquence ω prenant naissance subitement. Le régime permanent s'établit après un temps suffisamment long, c'est-à-dire que nous obtenons pour $t = \infty$:

$$S_2 = A(\omega) e^{i\omega t - ia(\omega)},$$

ou :

$$Ae^{-ia} = \lim_{t=\infty} e^{-i\omega t} \frac{d}{dt} \int_0^t e^{i\omega \lambda} \varphi(t-\lambda) d\lambda. \quad (28)$$

L'équation (28) fournit une règle générale pour le calcul du facteur de transmission à partir de la fonction de transition.

Considérons maintenant la fonction

$$\varphi(t) = \frac{1}{\pi} [\text{si } \omega_0(t + t_0) + \text{si } \omega_0(t - t_0)], \quad \text{pour } t > 0,$$

où le symbole « si » représente le *sinus intégral* :

$$\text{si } x = \int_0^x \frac{\sin x}{x} dx.$$

Supposons que la fonction $\varphi(t)$ ait la valeur zéro pour t négatif et pour $t = 0$ et qu'elle tende vers la valeur 1 pour t croissant. L'équation (28) fournit le facteur de transmission correspondant à $\varphi(t)$:

$$A(\omega) e^{-ia(\omega)} = \cos \omega t_0 + i \frac{1}{\pi} \sin \omega t_0 [\text{si } (\omega - \omega_0) t_0 - \text{si } (\omega + \omega_0) t_0] + \\ + i \frac{1}{\pi} \cos \omega t_0 [\text{ci } (\omega - \omega_0) t_0 - \text{ci } (\omega + \omega_0) t_0],$$

pour $\omega < \omega_0$.

Pour $\omega > \omega_0$, on obtient la même expression dans le premier terme $\cos \omega t_0$. Le symbole.

$$\text{ci } x = - \int_x^\infty \frac{\cos x}{x} dx$$

représente le *cosinus intégral*.

Sur la figure 25, on a tracé la courbe du facteur de transmission A pour $\omega_0 t_0 = 3/2 \pi$, $\omega_0 t_0 = 5/2 \pi$ et $\omega_0 t_0 = \infty$; et, sur la figure 26,

la courbe du phénomène transitoire $\varphi(t)$ correspondant aux deux premières de ces trois valeurs. Pour $\omega_0 t_0 = \infty$, on a :

$$\varphi(t) = \frac{1}{2} - \frac{1}{\pi} \text{ si } \omega_0(t - t_0). \quad (29)$$

Celle-ci est la fonction que représente la figure 4. Pour $\omega_0 t_0$ croissant, le facteur de transmission se rapproche donc de l'allure idéale, de

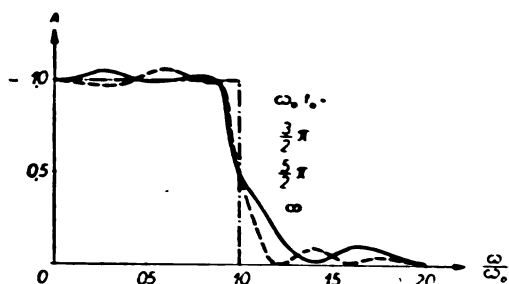


Fig. 25. — Facteur de transmission.

même que $\varphi(t)$ se rapproche du cas limite donné par l'équation (29). On doit d'ailleurs observer qu'un système pour lequel $\omega_0 t_0 = 3/2$

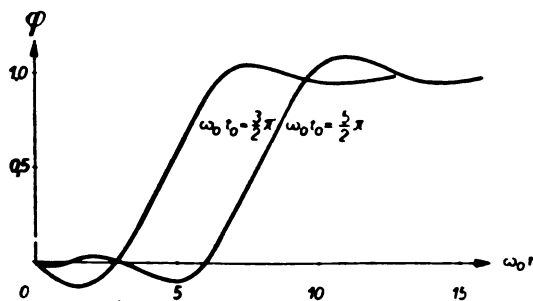


Fig. 26. — Phénomènes transitoires.

doit être encore considéré comme très « court ». Pour la pente de $\varphi(t)$ en un point $t = t_0$, on tire de l'équation (29) :

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{\omega_0}{\pi},$$

et l'on trouve, par conséquent :

$$\tau = \frac{\pi}{\omega_0}.$$

Si le facteur de transmission s'écarte de la forme rectangulaire, on a :

$$\varphi(t) = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} A(\omega) \frac{\sin \omega(t - t_0)}{\omega} d\omega.$$

Par suite,

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} A(\omega) \cos \omega(t - t_0) d\omega,$$

et, pour $t = t_0$:

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} A(\omega) d\omega.$$

La valeur finale de φ est $A(0)$; la période transitoire est donc :

$$\tau = \frac{\pi A(0)}{\int_0^{\infty} A(\omega) d\omega}.$$

On peut, par conséquent, définir la fréquence de coupure par :

$$\omega_0 = \frac{1}{A(0)} \int_0^{\infty} A(\omega) d\omega.$$

En remarquant que $A(\infty) = 0$ et $A(-\infty) = 0$, on obtient une représentation approchée :

$$\varphi(t) = \frac{1}{2} - \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{dA}{d\omega} \sin \omega(t - t_0) d\omega.$$

La quantité $\frac{dA}{d\omega}$ n'a une valeur sensiblement différente de zéro que dans l'intervalle de fréquences relativement étroit qui se trouve au voisinage de la pente maximum de $A(\omega)$. On peut considérer, par conséquent, cette région comme définissant approximativement la fréquence de coupure.

Appendice 3.

Si l'on pose, dans l'équation (28) :

$$\varphi(t) = 0 \text{ pour } t < t_0 - \frac{\tau}{2},$$

$$\varphi(t) = t - t_0 + \frac{\tau}{2} \text{ pour } t_0 - \frac{\tau}{2} < t < t_0 + \frac{\tau}{2},$$

$$\varphi(t) = 1 \text{ pour } t_0 + \frac{\tau}{2} < t,$$

on obtient :

$$A e^{-ia} = \frac{1 - e^{-i\omega\tau}}{i\omega\tau} e^{-i\omega\left(t_0 - \frac{\tau}{2}\right)},$$

d'où l'on tire :

$$A = \left| \frac{2 \sin \frac{\omega\tau}{2}}{\omega\tau} \right|;$$

$$a = \omega t_0.$$

Appendice 4.

Si les fréquences en dehors de l'intervalle de ω_1 à ω_2 sont affaiblies, on peut représenter le phénomène transitoire par la fonction :

$$\varphi = \frac{1}{2\pi i} \int_{\omega_1}^{\omega_2} \frac{e^{i\omega t - ia}}{\omega - \Omega} d\omega + \frac{1}{2\pi i} \int_{-\omega_2}^{-\omega_1} \frac{e^{-i\omega t - ia}}{\omega - \Omega} d\omega.$$

Pour plus de simplicité, bornons-nous à considérer le premier élément de la somme, lequel en constitue, en général, la partie principale. A l'intérieur de la bande de passage, on peut, avec **une certaine approximation**, considérer le dénominateur comme constant, de sorte que l'on a :

$$\varphi = \frac{1}{2\pi i} \cdot \frac{1}{\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} - \Omega} \cdot \int_{\omega_1}^{\omega_2} e^{i\omega t - ia} d\omega.$$

Si a dépend linéairement de la fréquence, et si nous posons

$$\left. \frac{da}{d\omega} \right|_{\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}} = t_0,$$

nous obtenons :

$$\varphi(t) = \frac{\sin \frac{1}{2}(\omega_2 - \omega_1)(t - t_0)}{\pi i \left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} - \Omega \right) (t - t_0)} e^{i \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} t - ia \left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} \right)}.$$

Cette fonction est représentée sur la figure 11 ; elle atteint son maximum pour $t = t_0$.

Appendice 5.

Si l'on représente la force sinusoïdale brusquement appliquée par

$$S_1 = \frac{S_0}{2\pi i} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{d\omega}{\omega - \Omega} e^{i\omega t},$$

la quantité S_2 est fournie par :

$$S_2 = \frac{S_0}{2\pi i} \int_{\Omega - \frac{w}{2}}^{\Omega + \frac{w}{2}} \frac{d\omega}{\omega - \Omega} e^{i\omega t - ia}.$$

Faisons la transformation $\omega - \Omega = \omega'$ et supprimons l'accent de ω' nous obtenons :

$$S_2 = \frac{S_0}{2\pi i} e^{i\Omega t} \int_{-\frac{w}{2}}^{+\frac{w}{2}} \frac{d\omega}{\omega} e^{i\omega t - ia(\omega + \Omega)}.$$

L'état final est donné par

$$S_2 = S_0 e^{i\Omega t - ia(\Omega)}.$$

La fonction enveloppe est par suite :

$$\varphi = \left| \frac{1}{2\pi i} \int_{-\frac{w}{2}}^{+\frac{w}{2}} \frac{d\omega}{\omega} e^{i\omega t - ia(\omega + \Omega) + ia(\Omega)} \right|.$$

Si l'on pose :

$$a(\omega + \Omega) = a(\Omega) + k_1 \omega + \frac{1}{2} k_2 \omega^2, \quad (30)$$

il vient :

$$\varphi = \left| \frac{1}{2\pi i} \int_{-\frac{w}{2}}^{+\frac{w}{2}} \frac{d\omega}{\omega} e^{i\omega(t - k_1) - i\frac{1}{2} k_2 \omega^2} \right|.$$

Posons encore

$$\frac{1}{2} k_2 \omega^2 = x^2, \quad \frac{w}{2} \sqrt{\frac{k_2}{2}} = m,$$

et

$$(t - k_1) \sqrt{\frac{2}{k_2}} = u;$$

nous avons :

$$\varphi = \left| \frac{1}{2\pi i} \int_{-m}^{+m} e^{ixu - ix^2} \frac{dx}{x} \right|,$$

d'où :

$$\frac{d\varphi}{du} = \left| \frac{1}{2\pi} \int_{-m}^{+m} e^{ixu - ix^2} dx \right|.$$

Pour $u = 0$, on tire de là la période transitoire définie dans le chapitre II, § 1 :

$$\tau = \frac{2\sqrt{2\pi}}{w} \cdot \frac{m}{C(m^2)},$$

où $C(z)$ désigne l'intégrale de Fresnel. De l'équation (30) on tire :

$$\frac{da}{d\omega} = k_1 + k_2\omega.$$

On a donc : $T = k_2\omega,$

ou : $k_2 = \frac{T}{\omega}.$

Finalement : $m^2 = \frac{\omega T}{8}.$

La courbe de la figure 13 a été construite à l'aide des tables de Jahnke et Emde.

V. RÉSUMÉ.

Dans la théorie de la transmission des signaux, on peut avec avantage employer une méthode basée sur la représentation des phénomènes transitoires par des intégrales de Fourier. On utilise à cette occasion les notions de *facteur de transmission* et d'*angle de transmission*. Ces grandeurs, facilement accessibles aux calculs et aux mesures, caractérisent le système d'une façon complète, même en ce qui concerne les phénomènes transitoires. On a étudié, à titre d'exemple, les filtres de bande, les circuits à grande distance téléphoniques et télégraphiques, et un système de transmission électro-optique. On a décrit quelques expériences, qui confirment les règles établies théoriquement.

BREVETS D'INVENTION.

TÉLÉGRAPHIE.

656.472. Perfectionnements aux dispositifs vibrateurs actionnés électriquement (Le matériel téléphonique, France).

657.137. Appareil de synchronisation (Electrical Research Products, Etats-Unis d'Amérique).

TÉLÉPHONIE.

656.264. Perfectionnements aux commutateurs sélecteurs (Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson, Suède).

656.283. Dispositif de suspension à rotation pour écouteurs téléphoniques (Francisce Périgault, France).

656.327. Disposition de connexion pour la transmission de nouvelles ou d'avis par des lignes téléphoniques (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

656.471. Perfectionnements aux contacts électriques pour relais ou autres appareils analogues (Le matériel téléphonique, France).

656.549. Amplificateur pour applications téléphoniques et radio-phoniques (Walter Scharpf, Allemagne).

656.607. Central téléphonique (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

656.732. Câble pour communications électriques (Le matériel téléphonique, France).

656.904. Système d'application du phonographe enregistreur aux téléphones d'usage commun (Nicolas Wolintzeff, France).

656.980. Dispositif pour la téléphonie à haute fréquence sur des conducteurs à haute tension (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Allemagne).

657.171. Câble téléphonique pour fonctionnement à quarte (Siemens-Schuckertwerke Aktiengesellschaft, Allemagne).

657.353. Perfectionnements aux récepteurs de signaux électriques (Société dite Telefonaktiebolaget L.-M. Ericsson, Suède).

Dispositif analogue à celui décrit dans le brevet n° 649.548 de Siemens et Halske (Cf. Annales des P.T.T., mai 1929), les deux filtres étant remplacés par des circuits résonants et anti-résonants accordés sur la fréquence de courant de signalisation.

TRANSMISSION DES IMAGES.

656.262. Procédé permettant de modifier les impulsions électriques produites dans la transmission des images à distance et télévision (Otho Fulton, Angleterre).

656.441. Procédé de transmission électrique d'images (C. Lorenz Aktiengesellschaft, Allemagne).

656.662. Procédé et dispositif pour la transmission électrique à distance d'images ou d'autres présentations (Otho Fulton, Angleterre).

Dispositif pour la transmission de photographies à distance (procédé électro-chimique dans lequel les tambours portant les images à transmettre et à recevoir dans les deux postes correspondants sont arrêtés simultanément une fois chaque tour ; en outre, le tambour récepteur possède une réserve de papier sensible et un dispositif de mouillage automatique).

656.911. Dispositif pour explorer par voie photo-électrique des surfaces d'images irrégulières (C. Lorenz Aktiengesellschaft, Allemagne).

656.912. Dispositif pour la télégraphie d'images (C. Lorenz Aktiengesellschaft, Allemagne).

Dans ce dispositif, des impulsions régulièrement espacées sont transmises, en vue de la synchronisation des postes correspondants, par la même voie de transmission que les courants d'images ; mais l'amplitude de ces impulsions est telle qu'elles ne suffisent pas à actionner seules le relais électrooptique (galvanomètre vibrant dont la corde masque ou démasque tour à tour une fente lumineuse). Si une impulsion de synchronisation se superpose à ce courant d'images, comme la fente est déjà démasquée complètement grâce au courant d'images, le déplacement supplémentaire du galvanomètre, par suite de l'impulsion de synchronisation, ne produit rien de plus au point de vue de la photographie reçue.

657.088. Perfectionnements aux systèmes de synchronisation (Electrical Research Products, Etats-Unis d'Amérique).

657.411. Perfectionnements aux systèmes pour la production électro-optique d'images (Electrical Research Products, Etats-Unis).

Chaque ouverture du disque de Nipkow du poste transmetteur possède une série de verres colorés (filtres optiques) de sorte que diverses lignes juxtaposées de l'objet exposé sont explorées simultanément par des rayons lumineux de couleurs différentes. A chaque couleur est associée une cellule photoélectrique sensible plus particulièrement à cette couleur et une voie de transmission distincte vers le poste récepteur. Dans ce poste, diverses lampes au néon, du type en grille à électrodes multiples, modulées par les courants photoélectriques venant des diverses voies de transmission concourent à former une image très fine de l'objet exposé au poste transmetteur.

RADIOCOMMUNICATIONS.

655.950. Couplage modulateur pour tubes triodes (Siemens et Hølske Aktiengesellschaft, Allemagne).

Ce système de modulation comporte deux lampes couplées par résistances et capacités ; on applique à la grille de la première lampe la fréquence de modulation et la fréquence porteuse et à la grille de la seconde lampe la fréquence de modulation. Dans ces conditions, le facteur d'amplification dépend linéairement de la tension modulatrice. Il y a intérêt d'autre part, au point de vue de la réduction des harmoniques supérieurs, à ce que le facteur d'amplification soit égal à un.

656.235. Appareil récepteur radiophonique et amplificateur des vibrations transmises par les reproducteurs électro-magnétiques des phonographes (Georges Brunet, France).

656.353. Perfectionnements aux amplificateurs de signaux électriques par lampes électroioniques (Joseph Bouteille, France).

656.355. Perfectionnement aux récepteurs radio-électriques (Pierre David, France).

656.380. Serre-fil perfectionné applicable aux douilles et organes similaires pour T.S.F. et autres applications (Etablissements Unda, France).

656.421. Perfectionnements aux systèmes électriques transformateurs d'ondes (Le matériel téléphonique, France).

656.442. Perfectionnement aux condensateurs variables (Compagnie industrielle et commerciale, France).

656.499. Haut-parleur (Maxime Reynaud, France).

656.504. Antenne pour la télégraphie sans fil (Etablissements Eymar frères, France).

656.701. Haut-parleur faisant fonction directe d'abat-jour (Alfred Larco, France).

656.981. Perfectionnements aux circuits électriques oscillateurs utilisant des tubes à vide (Le matériel téléphonique, France).

34.202. Perfectionnements aux systèmes d'amplification employés notamment en T.S.F. (Henri-Marcel Saubanière, France) (1^{re} addition au brevet 640.569).

34.233. Convertisseur de fréquence à lampe à quatre électrodes (invention Barthélemy) (Société des Etablissements Péricaud, France) (1^{re} addition au brevet 638.940).

34.234. Dispositifs pour le réglage automatique des postes récepteurs d'ondes herziennes (Joseph-Louis Routin, France) (1^{re} addition au brevet 648.378).

34.252. Procédé d'élimination des parasites naturels ou artificiels permettant l'emploi, en T.S.F., des appareils télégraphiques

rapides dits « à synchronisme » (Ateliers J. Carpentier, France) (3^e addition au brevet 595.335).

34.278. Perfectionnements aux tubes à décharge électronique, et aux moyens d'éviter des fuites électriques dans ces tubes (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France) (1^{re} addition au brevet 629.840).

34.279. Antenne tamisante pour la réception et l'émission des messages dans la télégraphie et la téléphonie sans fil (Joseph Plebansky, Pologne) (1^{re} addition au brevet 576.785).

34.315. Perfectionnements aux antennes de télégraphie et de téléphonie sans fil (Marconi's wireless Telegraph Co, Angleterre) (1^{re} addition au brevet 606.987).

34.316. Perfectionnements aux antennes utilisables dans les communications sans fil (Marconi's wireless Telegraph Co, Angleterre) (1^{re} addition au brevet 587.937).

34.330. Système de réglage automatique pour appareils récepteurs de T.S.F. (Paul Largeot, France) (1^{re} addition au brevet 617.091).

DIVERS.

653.203. Dispositif pour la transmission de positions d'aiguilles (Deutsche Telephonwerke und Kabelindustrie, Allemagne).

653.249. Perfectionnements apportés aux systèmes de supervision à courants porteurs (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

654.404. Perfectionnements dans les machines à écrire (Frederick Alexander, Etats-Unis).

655.246. Régulatrice pour machines dynamo-électriques dites « métadynes » ou « pliodynes » (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston France).

655.460. Transmission automatique électro-mécanique d'ordres de chiffres, d'indications diverses (Michel Potay, France).

655.741. Perfectionnements dans les piles primaires et secondaires (Eric Duit, France).

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Sférographe, appareil téléphotographique de la Société française radioélectrique (CHAUVEAU, *Bulletin de la Société française des électriciens*, août 1928). — Il existe de nombreux types d'appareils permettant de reproduire à distance, soit par fil, soit par T.S.F., des photographies de textes ou de dessins ; toutefois, bien peu d'entre eux peuvent être mis entre les mains de tout le monde ; la plupart sont basés sur l'utilisation d'un matériel complexe (miroirs, cellules photoélectriques, etc...) qui ne peut être manié que par un personnel spécial et expérimenté.

La Société française radioélectrique a pensé qu'il pourrait être intéressant de mettre entre les mains du public un appareil téléphotographique simple, facile à manier, qui permette de recevoir à distance, à l'aide des récepteurs ordinaires utilisés par les nombreux amateurs de T.S.F., des images (photographies, textes, schémas ou autres), transmises par les stations radiotéléphoniques qui chaque jour assurent le broadcasting ; elle a étudié et réalisé à cet effet le *sférographe*.

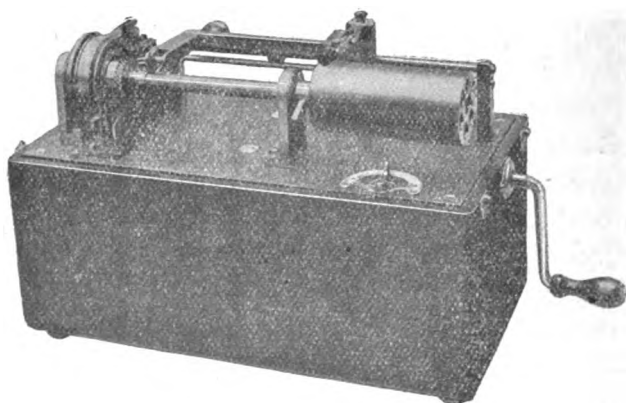
En principe, le sférographe émetteur se compose d'un tambour conducteur tournant à une certaine vitesse constante ; sur ce tambour, est placée une feuille de cuivre sur laquelle on a reporté photographiquement l'image à transmettre : la matière servant au report photographique est isolante. Une pointe conductrice se déplace lentement suivant la génératrice du tambour pendant la rotation de celui-ci ; il en résulte que, suivant le dessin porté par la feuille de cuivre, la pointe rencontre successivement des parties conductrices et des parties isolantes ; on conçoit aisément qu'un tel système puisse être utilisé, soit pour commander l'émission d'une station radioélectrique, soit pour commander une émission télégraphique sur fil.

Le sférographe récepteur comprend un tambour analogue à celui de l'émetteur, mais portant une feuille de papier imbibée d'une solution spéciale, susceptible d'être décomposée par le courant électrique. Une pointe conductrice explore également le papier ; cette pointe est réunie, soit à la ligne s'il s'agit d'une transmission par fil, soit à un dispositif spécial, placé après le récepteur de T.S.F., s'il s'agit d'une émission radiotélégraphique ; il en résulte que les impulsions de courant produites par les signaux de l'émetteur décomposent la solution portée par le papier du récepteur et reproduisent ainsi l'image transmise. Naturellement, pour qu'un tel ensemble puisse assurer une reproduction fidèle des images, il est indispensable que le synchronisme soit maintenu entre les mouvements de rotation du cylindre émetteur et du cylindre récepteur. A cet effet, ce dernier tourne un peu plus vite que l'émetteur et est arrêté à chaque tour par un loquet ; celui-ci peut être soulevé par un électroaimant obéissant à un signal un peu plus fort que le signal d'image ; ce signal est lancé à la fin de chaque tour par l'émetteur lui-même ; on obtient ainsi un dispositif de maintien du synchronisme, du genre de celui qui est utilisé sur les appareils télégraphiques Baudot, dont le fonctionnement est absolument sûr et très précis.

Comme on le voit par l'exposé ci-dessus, les procédés employés pour la constitution du sférographe sont des plus simples, et c'est précisément cette simplicité qui constitue la qualité primordiale de l'appareil.

Toutefois, un appareil aussi simple que celui-ci ne permettrait que de transmettre des dessins d'une même tonalité, sans demi-teintes, et ne possédant pas par conséquent la finesse des épreuves photographiques ; en effet, les signaux transmis à l'aide de cet appareil seraient tous de même force et produiraient le même effet à la réception. Pour graduer cet effet, il a fallu avoir recours à un artifice, qui constitue une des caractéristiques les plus intéressantes du sférographe S.F.R. ; cet artifice permet, en quelque sorte, de graduer à chaque instant la force des signaux transmis proportionnellement à la teinte du point exploré par l'aiguille de l'émetteur. Le procédé employé pour permettre la reproduction des différentes teintes de

l'image transmise est le suivant. L'image à transmettre n'est pas reportée directement sur la substance photo-sensible de la plaque de cuivre du transmetteur : une grille, constituée par un fin réseau de lignes parallèles équidistantes, est placée entre l'image et la plaque de cuivre au moment du report ; il en résulte que l'image à transmettre est divisée sur le cuivre en une infinité de bandes d'égale largeur, placées suivant les génératrices du cylindre de transmission, ces bandes étant limitées par des lignes isolantes. Pendant la transmission, l'aiguille parcourt un chemin hélicoïdal sur l'image, elle coupe à chaque instant chacune des bandes ; l'image se trouve ainsi

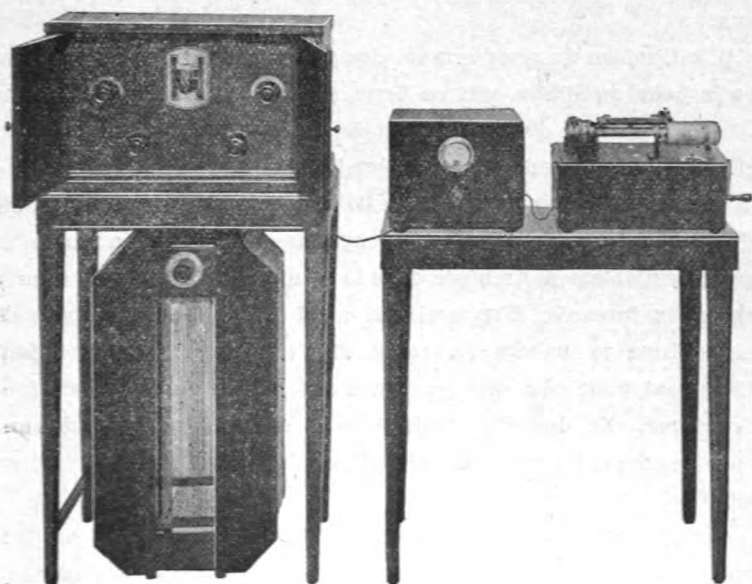


Enregistreur sférographe.

transmise par points ; la longueur de chacun des points explorés est alors constante, puisqu'elle est fixée, d'une part par la largeur des bandes sur le cuivre transmetteur, et, d'autre part, par le pas de déplacement de l'aiguille. Suivant l'image à transmettre, chacun des points sera plus ou moins longuement conducteur ou isolant ; mais la durée du point le plus long sera toujours limitée à la largeur d'une bande. On conçoit aisément que, si, au lieu de commander directement l'émission radiotélégraphique par un tel dispositif, on intercale, dans le circuit de commande, un système électrique présentant une constante de temps égale justement au temps nécessaire à l'aiguille pour parcourir une des bandes à chaque tour de cylindre, l'émission n'atteindra son maximum d'énergie que si la partie de

bande explorée est complètement remplie par l'image ; sinon, la puissance de l'émission sera en quelque sorte réglée automatiquement, proportionnellement à la quantité d'image en un point considéré. Le but cherché est ainsi atteint, et il devient possible de transmettre les demi-teintes et tous les détails d'une photographie.

En dehors de cette disposition spéciale, le sférographe S.F.R. présente, entre autres particularités intéressantes, un dispositif



Installation de sférographe avec récepteur Radiola.

de blocage et de frein électromagnétique particulièrement bien étudié, assurant un arrêt brusque à chaque tour et une reprise très nette et sans retard à chaque top de synchronisme.

Le sférographe émetteur comprend une boîte de modulation commandant l'émission ; cette boîte renferme une hétérodyne musicale réglable attaquant une lampe de modulation ; dans le circuit de grille de cette lampe, est intercalé le système électrique, dont on peut régler à volonté la constante de temps pour obtenir les demi-teintes. L'émetteur comprend en outre le cylindre, entraîné par un

mouvement d'horlogerie et rappelant par sa forme les anciens phonographes à rouleaux.

Cet émetteur peut être utilisé, soit pour lancer directement le courant modulé sur une ligne, soit pour moduler un poste émetteur radio-électrique.

Le sférographe récepteur comprend une boîte auxiliaire, renfermant une lampe triode montée en redresseur B.F. et l'enregistreur; celui-ci rappelle également les anciens phonographes à rouleaux.

L'utilisation du récepteur est des plus simples; il suffit de brancher la boîte auxiliaire, soit en ligne, soit en parallèle sur le casque ou le haut-parleur d'un récepteur de T.S.F. ordinaire, après avoir réglé celui-ci sur l'onde du poste émetteur, comme lors de la réception d'un concert, par exemple. La boîte auxiliaire étant alors réunie à l'enregistreur, on placera sur le cylindre de celui-ci la feuille de papier, préalablement trempée dans la solution et légèrement essorée entre deux buvards. L'appareil est ainsi prêt; le premier top de synchronisme le mettra en route et l'image sera reçue; il faut évidemment pour cela que les signaux aient une force convenable; en pratique, elle doit être égale à celle d'une réception moyenne en haut-parleur. La durée de réception d'une image est d'environ 4 minutes.

Comme on le voit, le sférographe S.F.R. est un appareil très simple, dont le récepteur peut être placé entre les mains de n'importe quel usager de la T.S.F. (amateur ou professionnel); il complètera agréablement l'ensemble de réception des nombreux sans-filistes, car, grâce à lui, il sera possible d'illustrer en quelque sorte le journal radiophonique; les stations d'émission pourront, en effet, passer chaque jour, en même temps que les nouvelles de presse, des clichés de reportage des principaux faits quotidiens; en outre, il sera également possible de transmettre par sférographe les schémas des principaux montages de T.S.F. en les commentant.

Dans un autre ordre d'idées, le sférographe pourra être utilisé pour transmettre des modèles de mode (robes, chapeaux, broderies, etc...), à la plus grande joie des auditrices de T.S.F. Les enfants eux-mêmes y trouveront leur part, puisqu'il sera possible, lors des

émissions qui leur sont spécialement destinées, de leur transmettre, en les illustrant, des histoires, des fables ou des contes.

Mais le sférographe peut également trouver de nombreuses applications dans le domaine pratique ; en effet, il peut rendre les plus grands services à la navigation aérienne ou maritime, car il permet de compléter, par des cartes convenablement annotées, les renseignements météorologiques fournis par les stations de T.S.F.

INFORMATIONS.

Nouveaux timbres-poste français. — Les ateliers ont commencé la fabrication des deux nouveaux timbres suivants :

5^f bistre, en taille douce, représentant le mont St-Michel ;

10^f bleu, en taille douce, représentant le port de la Rochelle.

Extension du réseau téléphonique en câbles souterrains à grande distance. — Pour faire face aux besoins sans cesse croissants du trafic téléphonique, l'administration française poursuit avec la plus grande activité, depuis 1923, la construction d'un réseau téléphonique de câbles souterrains à grande distance, doté des derniers perfectionnements techniques.

Elle procède actuellement à la mise en service progressive des circuits du câble Paris—Lyon, dont la construction a été terminée à la date du 1^{er} mai dernier, et doit inaugurer ce mois-ci le câble Lyon—Marseille.

Afin de compléter le réseau dans la région du sud-est, elle vient de passer la commande des prolongements de l'artère Paris—Lyon—Marseille en direction de Genève et de Turin, de Nice et de la riviéra italienne. Les câbles Lyon—Grenoble—Genève—Modane et Marseille—Nice—Monaco—Menton constituant ces prolongements seront de modèles analogues à ceux qui ont été posés pendant ces dernières années en direction de Strasbourg, de Lille, de Boulogne-sur-Mer et du Havre. Outre qu'ils rattacheront le littoral méditerranéen, les Savoies et la région de Grenoble au réseau téléphonique souterrain, lesdits câbles assureront en même temps, pour une longue période, le développement du trafic avec l'Italie, la Suisse et l'Europe centrale, et permettront d'atteindre, dans ces pays, des centres avec lesquels on ne peut encore échanger de conversations par les voies existantes. Ils assureront, de plus, le transit par la France des communications

Angleterre—Italie, Belgique—Italie, Espagne—Italie, Espagne—Suisse.

Il est prévu que les nouvelles communications seront livrées à l'exploitation aux époques suivantes :

Marseille—Nice—Monaco—Menton, en octobre 1930 ;

Lyon—Genève, en avril 1931 ;

Lyon—Grenoble, en juin 1931 ;

Lyon—Modane, à la fin de décembre 1931.

D'autre part, l'administration française, soucieuse de remédier sans retard à l'insuffisance du nombre des voies de communication en direction de Nice et des Savoies, vient également de commander l'installation de systèmes à courants porteurs qui, sans nécessiter la pose de nouveaux fils aériens, permettront de constituer, dans un délai de deux à quatre mois et jusqu'à la mise en service des nouveaux câbles, quatre circuits Paris—Nice et un circuit Paris—Annemasse. Il en résultera une amélioration sensible des conditions actuelles de fonctionnement du téléphone interurbain dans les régions considérées.

Poste aérienne. — Depuis le 1^{er} août 1929, les correspondances par avion d'origine française, à destination de la zone du canal de Panama et du Mexique peuvent être acheminées respectivement par l'intermédiaire des lignes aériennes Miami Fl., Cristobal CZ et Brownsville Tex., Mexico City.

La première de ces lignes est en correspondance à Miami avec les lignes américaines New-York—Atlanta et Atlanta—Miami ; la seconde coïncide, à Brownsville (Tex.), avec les lignes aériennes New York—Chicago, Chicago—Dallas (Fort Worth) et Fort Worth—Brownsville Tex..

Le service aérien Brownsville—Tex.—Mexico-City est quotidien. Sur la section Miami-Cristobal CZ les départs s'effectuent, de Miami, les mardi, jeudi et samedi de chaque semaine ; l'arrivée à Cristobal a lieu le troisième jour.

Chèques postaux. — *Virements internationaux entre la France et la Pologne.* — Depuis le 1^{er} août, les titulaires de comptes courants postaux français peuvent échanger des virements avec leurs corres-

pondants titulaires de comptes courants tenus par l'Office postal polonais. Pour ordonner un virement postal à destination de la Pologne, il suffit aux titulaires de comptes en France et en Algérie d'adresser au bureau de chèques dont ils dépendent un chèque de virement ordinaire préalablement revêtu, de manière très apparente, de la mention « International ». Le montant du virement peut, au gré de l'expéditeur, être exprimé en francs français ou en zlotys. Le montant des virements n'est soumis à aucune limitation.

Chèques postaux français. — Pendant les six premiers mois de l'année courante, 20.710 nouveaux comptes ont été ouverts, ce qui porte à 435.317 le nombre actuel des titulaires.

Plus de 45 millions d'opérations ont été effectuées, au lieu de 42 millions pendant la période correspondante de 1928.

Le montant total de ces opérations s'est élevé à 192 milliards 065 millions, alors qu'il n'avait atteint que 173 milliards 218 millions pendant les six premiers mois de l'année précédente.

Le montant des opérations réglées par compensation a été de 157 milliards 861 millions, représentant ainsi 82 % du montant total des opérations.

BIBLIOGRAPHIE.

Taschenbuch für Fernmeldetechniker, par HERMANN W. GOETSCH. Munich, R. Oldenbourg, 1929. 1 vol. in-16 de XII + 526 pages, avec 844 figures. — Prix : relié en toile, 13 marcs.

La 4^e édition de cet excellent manuel contient, outre diverses améliorations de détail, une importante bibliographie des ouvrages et des articles les plus importants en langue allemande sur le sujet des communications électriques. P.L.C.

Underground cable systems, par G. W. STUBBINGS. Londres, Chapman and Hall, 1928, 1 vol. in-8° de 212 pages, avec 106 figures.

Cet ouvrage constitue un exposé simple et clair des connaissances nécessaires pour la construction et l'exploitation des réseaux de câbles électriques souterrains.

Après un bref rappel des propriétés électriques des câbles, leur fabrication est décrite sommairement. L'auteur insiste alors sur la pose des câbles souterrains, leur jonction par épissures ou à l'aide de boîtes de raccordement. Il aborde ensuite l'étude des réseaux, parle des défauts qui les affectent, et arrive ainsi logiquement à examiner la localisation des dérangements et les divers procédés de protection automatique des réseaux souterrains.

Les nombreux renseignements que contient ce petit livre intéressent d'autant plus, que la structure logique de cet ouvrage en rend la lecture facile et attrayante. L.-V. D.

Ondes et électrons, par P. BRICOUT. Paris, A. Colin, 1929. 1 vol. in-8° de 215 pages avec 57 figures (Collection Armand Colin). — Prix : 9 francs.

Il paraît difficile de condenser avec plus de clarté, de précision et de sens critique les expériences et les théories de la physique con-

temporaire. De toutes les présentations sérieuses que j'ai eu l'occasion de voir, celle-ci est la plus courte et la plus accessible. Cet ouvrage doit être lu par tous ceux qui ont affaire à l'électricité, et ont reçu un enseignement datant de quelques années. J'aurais voulu voir donner un peu plus de développement à la mécanique ondulatoire, et les pages nécessaires auraient pu être prélevées sur l'exposé de la relativité restreinte ; à relire pour la centième fois la comparaison des règles et des horloges, on a l'impression d'entendre *Horace* en matinée. Partout ailleurs que dans ce court passage, la matière traitée est encore peu connue du public cultivé, ou bien est présentée d'une manière originale. On doit souhaiter une large diffusion à ce petit livre. P.L.C.

Le gérant :

HENRI DÉVÉ.

DOCUMENTATION.

Les analyses suivantes se rapportent à des articles parus dans les périodiques français et étrangers reçus par le Service d'études et de recherches techniques de l'administration des Postes et Télégraphes : elles sont rédigées par des fonctionnaires de ce service et signées de leurs initiales. Elles sont imprimées avec une pagination spéciale et sur un seul côté des feuillets de façon que l'on puisse, soit les relier à part, soit les découper pour en constituer un répertoire par fiches. Dans ce dernier cas, le classement en sera facilité par les nombres inscrits en tête des analyses, qui correspondent au classement décimal dont nous avons publié la table dans le numéro de janvier.

37. **Les cellules au sélénium** (*L'industrie électrique*, 10 et 25 avril 1929). — Etude détaillée des propriétés et des applications des cellules au sélénium (construction, variations de conductance, théories et applications pratiques). A. L.

42. **Sur la diaphonie et autres phénomènes voisins** (T. Laurent, *Ericsson Review*, 19 décembre 1928). — L'auteur étudie mathématiquement la diaphonie considérée comme une « impédance mutuelle » et en tire des conclusions sur la qualité des circuits. Il retrouve les résultats connus de la diaphonie et en particulier donne des formules de limite d'accrochage des relais amplificateurs et de localisation des déséquilibres et des hétérogénéités.

Les calculs, assez compliqués, sont faits avec application de la méthode symbolique.

A. L.

45. **Centraux manuels modernes. Le central téléphonique de Lwow** (Pologne). (*Ericsson Review*, mars 1929). — Description des nouveaux centraux installés par L.-M. Ericsson. Les principales particularités du système sont les suivantes : la jonction du poste d'opératrice sur la ligne de l'abonné appelle à lieu automatiquement, ainsi que l'appel du demandé.

L'opératrice n'a plus à faire le test, qui s'effectue une fois la fiche enfoncée.

Enfin le raccrochage des deux abonnés s'effectue immédiatement les deux postes, même si la déconnexion du cordon n'est pas effectuée au bureau manuel. Il ne reste donc à l'opératrice qu'à recevoir le numéro et à établir la

communication. Les auteurs annoncent un rendement allant jusqu'à 950 communications dans une heure. A. L.

46. **Du calcul du nombre des organes de couplage, eu égard à la valeur du temps des abonnés** (R. Trecheinski, *Ericsson Review*, mars 1929). — L'auteur se place, pour calculer le coût moyen d'une communication téléphonique, au point de vue de l'abonné, en ajoutant au prix habituel le coût de la durée d'attente de l'abonné par suite du manque de jonctions disponibles. Il calcule le nombre de circuits de cordon nécessaires pour un groupe donné d'abonnés, en prenant différentes valeurs du temps de ces abonnés et propose par suite de répartir ceux-ci en différentes classes, pourvues chacune d'un nombre différent de chercheurs de lignes et qui par conséquent seront servies plus ou moins rapidement aux heures chargées. A. L.

62. **Quelques considérations sur le champ magnétique** (J.-B. Pomey, *R.G.E.*, 23 février 1929). — 1° L'auteur définit l'induction magnétique B en déplaçant un élément de courant dans une cavité limitée par deux plans infiniment voisins et en écrivant le travail correspondant. Ce calcul introduit un tenseur gauche du second degré, dont les neuf composantes sont $0, 0, 0, \pm B_{23}, \pm B_{31}, \pm B_{12}$. En divisant B_{23}, B_{31}, B_{12} par l'élément de volume, on obtient une densité vectorielle contravariante $B^1 B^2 B^3$; on envisage d'ordinaire le vecteur induction magnétique B , de composantes B^1, B^2, B^3 , au lieu du tenseur fourni par la nature des choses ; mais, la symétrie de ces deux éléments



SUPPRIMER

établir, entre vous et la personne appelée, une "liaison vivante" par la parole; pouvoir se comprendre clairement parce que les mots, les sons ne seront pas déformés... voilà ce que le téléphone Ericsson vous assurera toujours parce qu'il "porte" fidèlement la parole.

LA DISTANCE

TÉLÉPHONE

ERICSSON

33, Bd d'Achères, COLOMBES, (Seine) - Tél. Wagr. 93-58 et 93-66

TÉLÉPHONIE MANUELLE ET AUTOMATIQUE

n'étant pas la même, on se trouve aveuglé par la poussière que l'on a soi-même soulevée.

2° L'auteur définit l'intensité H du champ magnétique en envisageant un petit solénoïde placé dans une cavité cylindrique infiniment déviée, et réglant le courant de façon à annuler le champ magnétique dans la direction de l'axe de la cavité. Il s'introduit un tenseur covariant de composantes H^{23} , H^{31} , H^{12} ; on en déduit un vecteur H , intensité du champ magnétique, de composantes H^1 , H^2 , H^3 .

3° L'auteur déduit de ces deux définitions les propriétés de distribution spatiale $\operatorname{div} B = 0$, $\operatorname{rot} H = 0$.

4° L'auteur montre que le théorème de Vaschy introduit, pour rendre compte des champs B et H , des masses fictives qui sont précisément les masses magnétiques de la théorie de Lord Kelvin, conforme aux anciennes idées de Coulomb et de Poisson. P. L. C.

62. Sur une curieuse propriété des circuits à condensateurs (J. Béthencot, *Industrie électrique*, 10 mars 1929). — Reproduit dans *Annales P. T. T.*, juin 1929.

64. Convertisseur de courant électrique de grande puissance à étincelle pilote (P. Toulon, *R. G. E.*, 30 mars 1929). — Etant donné un arc électrique éclatant entre deux électrodes, si l'on place dans la flamme de l'arc une pièce conductrice, et que l'on applique entre cette pièce et la cathode une tension alternative, on peut recueillir dans ce circuit du courant redressé. D'autre part, si l'arc est alimenté au moyen de courant alternatif, il y a extinction de l'arc à chaque moment où le sens du courant vient à s'inverser, et l'arc ne peut se rallumer que si l'on amorce une tache cathodique sur une électrode, par exemple en établissant entre les électrodes une surtension momentanée élevée.

Ces principes ont été mis en application par l'auteur, dans la construction d'un convertisseur capable de développer une puissance de 100 kilowatts sous 600 volts en courant continu. L.-J. C.

65. Relation entre l'intensité lumineuse et la tension aux bornes d'une source lumineuse (H. Pécheux, *R. G. E.*, 2 février 1929). — L'auteur propose de remplacer la formule classique :

$$I = A E^m$$

par une formule de la forme :

$$I = A' (E - \epsilon)^{m'}$$

qui s'applique dans des limites plus étendues des variations de la tension. P. M.

66. La protection des réseaux de traction à courant continu contre les courts-circuits (L. Barbillon, *R. G. E.*, 9 février 1929).

— Tout court-circuit, dans un réseau de traction, peut avoir des effets néfastes. Cependant, si le court-circuit a lieu en un point éloigné de la sous-station génératrice, il peut arriver que l'intensité du courant ne dépasse que d'assez peu l'intensité correspondant à des surcharges normales. Ainsi est-il difficile d'assurer une protection suffisante au moyen de simples disjoncteurs à maxima. Il faut pouvoir admettre des surcharges passagères et d'autre part provoquer une limitation ou une disjonction dans le plus bref délai (quelques millièmes de secondes) en cas de court-circuit. L'auteur décrit un dispositif, le limiteur ultra-rapide système P. Branchu, qui répond à ces conditions : cet appareil a pour effet d'introduire dans le circuit des résistances limitatives, dès que la valeur de la dérivée de l'intensité du courant, par rapport au temps, dépasse une certaine valeur, qui d'ailleurs est fonction de l'intensité du courant à ce moment. Le fonctionnement de limiteur est très rapide (il demande environ un millième de seconde). L'appareil est conjugué avec un disjoncteur à maxima à fonctionnement différé. Divers oscillogrammes permettent de juger des résultats obtenus par ce dispositif, très simple, très robuste et à fonctionnement entièrement automatique. L.-J. C.

67. Emploi de textiles purifiés pour l'isolement des fils d'installations téléphoniques (Glenn et Wood, *Journal of the A. I. E. E.*, février 1929). — Les défauts d'isolement ou de rigidité diélectrique qui se manifestent sur les conducteurs isolés au moyen de soie et de coton et exposés à une atmosphère humide sont dus à la présence de sels solubles dans ces textiles ; on peut éviter ces inconvénients par un lavage préalable à l'eau pure de la soie et du coton du commerce. Les essais décrits par l'auteur montrent qu'on obtient par ce moyen un isolement plus élevé et une meilleure constance des propriétés en courant alternatif (capacité et conductance de perte) ; en outre, le coton purifié peut être substitué avec avantage à la soie du commerce. R. B.

68. Règles allemandes pour les appareils de mesure (*Industrie électrique*, 10 février 1929). — Principales dispositions des règles établies par la commission des appareils de mesure de l'union des électrotechniciens allemands. Elles s'appliquent aux instruments à index pour des courants de moins de



**INSTALLATIONS
TÉLÉPHONIQUES**
de tous genres et
de toutes capacités

**INSTALLATION
ENTRETIEN
LOCATION
VENTE**

COMPAGNIE DES TÉLÉPHONES

Telegrammes:
ELIHUMICRO
—15— PARIS

THOMSON-HOUSTON

Société Anonyme — Capital: 60 Millions de Frs

254, rue de Vaugirard, PARIS (15^e)

Telephone:
SÉGUR 88-50
8 88-53

Notices, tarifs et renseignements franco sur demande.

0 ampères, des tensions inférieures à 100 volts, soit en courant continu, soit en des courants alternatifs dont la fréquence est comprise entre 15 et 60 p.p.s. Ils distinguent deux classes d'instruments de précision et deux classes d'instruments industriels.

On y trouve des conditions relatives à la protection des appareils, les surcharges qu'ils doivent pouvoir supporter, la durée maximum du temps de déplacement de l'aiguille, les tensions d'essai, la longueur maximum de la ligne de fuite, et enfin les courants maxima, pour cent, pour les différentes catégories et les différentes classes d'instruments. On y trouve également des indications sur l'influence des champs étrangers, de la température, de la fréquence et de la tension.

A. L.

68. **Spécifications de l'Union des techniciens allemands pour les machines électriques** (*Industrie électrique*, 25 février 1929). — Nouvelles prescriptions allemandes ayant trait principalement aux valeurs maxima de la température et de l'échauffement, aux essais d'isolement.

A. L.

69. **Le sondage magnétique des arbres de machines** (J. Veltier, *Génie civil*, 16 mars 1929). — Un écouteur téléphonique est placé de telle façon que le flux magnétique de son bobine se ferme en passant dans une partie de l'arbre à sonder. Si l'arbre n'est pas de texture absolument homogène, lorsqu'il est mis en rotation, le flux qui le traverse varie. Un certain courant sera induit dans la bobine de l'écouteur. La valeur de l'intensité de ce courant donnera donc des indications sur les défauts présentés par l'arbre.

Le même dispositif permet aussi de contrôler les vibrations des arbres des machines.

V.-L. D.

72. **Les curieuses propriétés des corps tournants démontrées par l'expérience** (J. Leine, *La Science et la Vie*, mars 1929). — L'auteur indique un certain nombre d'expériences, aisées à reproduire avec un matériel simple, qui mettent en évidence les résultats de la théorie des corps tournants établie à partir des principes de la mécanique rationnelle, et permettent de saisir le sens exact des définitions des grandeurs mécaniques.

L.-J. C.

74. **Les halles du nouveau marché de Erfurt-sur-le-Main** (*Génie civil*, 9 février 1929). — Description de ces nouvelles halles, remarquables par leurs dimensions et par l'organisation de leurs diverses installations. On note le système de couverture utilisé :

ce sont des voûtes cylindriques minces, en béton armé ; l'épaisseur à la clef de ces voûtes n'est que de 71 centimètres.

V.-L. D.

74. **Calcul des fatigues dans une section de béton armé soumise à la flexion composée** (Pierre Boutry, *Génie civil*, 16 février 1929). Article exposant d'une manière très claire la méthode de vérification de la résistance des pièces de béton armé soumises à la flexion composée. Examen de cas particuliers : section rectangulaire, section en T, section triangulaire dont un sommet est comprimé, section triangulaire dont un sommet est tendu, section circulaire.

V.-L. D.

75. **Etude des bruits causés par les appareils électriques** (T. Spooner et J. P. Foltz, *Journal A.I.E.E.*, mars 1929). — Certains appareils industriels ou domestiques, tels que moteurs, boîtes de vitesses, aspirateurs électriques, etc., produisent des bruits plus ou moins assourdissants, qui peuvent être gênants ou diminuer sensiblement le rendement du personnel d'un atelier.

Pour pouvoir réduire ces bruits par une meilleure conception des organes, dans les machines électriques en particulier, il faut tout d'abord déterminer les pièces responsables de leur production. Les auteurs décrivent une installation qui permet de mesurer les amplitudes et les fréquences des bruits en les décomposant en fréquences simples. Un microphone recueille le bruit à analyser, et les courants produits sont passés, après amplification, dans des circuits résonants de fréquences connues par un étalonnage préalable. Après une nouvelle amplification, le courant de fréquence simple est redressé et un galvanomètre en mesure l'intensité.

Les auteurs ont décomposé de cette manière des bruits très complexes produits par des réducteurs de vitesses et des aspirateurs électriques. On peut, d'après les valeurs de fréquences, déterminer à quel organe est due chaque composante et son importance relative dans le bruit total.

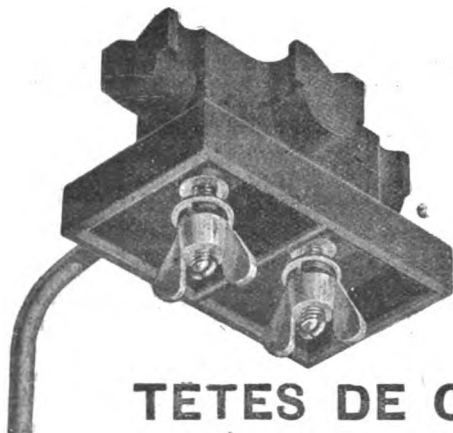
J.-H. G.

75. **Mesures sur des matériaux absorbants au point de vue acoustique** (Erwin Meyer et Paul Just, *T.F.T.*, février 1929). — Après avoir rappelé les formules de Sabine et de Crandall permettant de déterminer le coefficient d'absorption par la mesure de la durée de persistance du son, les auteurs exposent le mode opératoire qu'ils ont utilisé. Comme source, ils ont employé un haut-parleur alimenté par un oscillateur donnant une certaine bande de fréquences de part et d'autre d'une fréquence moyenne, afin d'éviter la production d'ondes stationnaires.

**SOCIÉTÉ FRANÇAISE
ARGENTEUIL (S.-&-O.)**

R. C. : VERSAILLES 6487

GARDY.



**TÊTE DE CABLE
N° 10675**

*Vue montrant
les 2 bornes de connexion
des conducteurs*

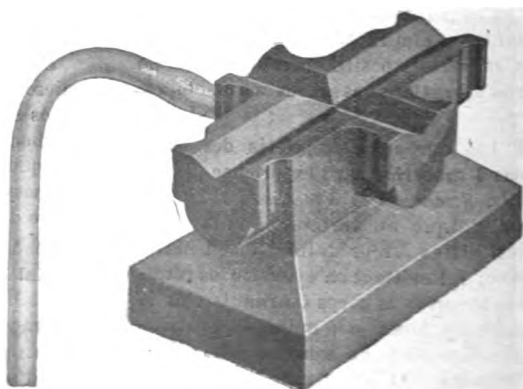
TETES DE CABLE

EN MATIÈRE MOULÉE

**POUR CABLES A DEUX CONDUCTEURS
PERMETTANT LE RACCORDEMENT
DES LIGNES TÉLÉPHONIQUES
AUX POSTES D'ABONNÉS**

**TÊTE DE CABLE
N° 10675**

*Vue montrant
les rainures destinées
à la fixation sur consoles*



MARQUE



DÉPOSÉE

Comme récepteur, ils utilisaient un microphone et un ensemble de lampes amplificatrices et détectrice à la sortie duquel était monté un galvanomètre dont un film enregistrait la déviation.

Ils ont pu mettre ainsi nettement en évidence la variation exponentielle de l'intensité du son qui persiste avec le temps. Ils ont mesuré aussi le coefficient d'absorption de divers matériaux : feutre, célotex, appliqués contre un mur ; ce coefficient augmente avec la fréquence moyenne. Cela tient à ce que les matières poreuses, telles que le feutre et le célotex, agissent sur la vitesse de l'air et non sur la pression : or, contre le mur, les vitesses sont précisément nulles ; la fréquence augmentant, la longueur d'onde diminue et le revêtement se trouve dans une zone où les vitesses ne sont plus nulles. Les auteurs ont vérifié cette explication en plaçant les revêtements à différentes distances du mur : A la fréquence moyenne de 150 p.p.s., par exemple, le coefficient d'absorption passe de 0,05 à 0,25 quand on place le revêtement à 10 centimètres du mur.

Les auteurs ont fait aussi des mesures sur le dispositif recommandé par Wente et Bedell, qui consiste à appliquer le revêtement de feutre contre le mur et à placer par devant, à quelques centimètres, une paroi percée d'ouvertures. Le coefficient d'absorption

est ainsi augmenté aux basses fréquences.
P. M.

85. **Le moteur Rupa à combustion interne à charbon pulvérisé** (*Génie civil*, 9 février 1929). — M. Rudolf Pawlikowski a réalisé un moteur à combustion interne dans lequel, conformément aux idées primitives des inventeurs des moteurs à combustion interne, le combustible utilisé est du charbon pulvérisé. Ce moteur a fonctionné pendant 9000 heures sans que le cylindre ait été réalésé ; le piston initial fonctionne toujours. Les cendres produites par la combustion du charbon restent en suspension et sont évacuées avec les gaz d'échappement. L'article du *Génie civil* étudie en détail le fonctionnement du moteur Rupa, qui, par l'utilisation d'un combustible à bon marché, par son aptitude à tourner à des régimes rapides, présente des avantages incontestables sur les moteurs à huile lourde. V.-L. D.

85. **Décalaminage et détartrage des moteurs d'automobiles** (*Génie civil*, 23 mars 1929). — Description de trois procédés usuels pour « décalaminer » les moteurs d'automobiles. Le détartrage peut être effectué par la dissolution de carbonate de soude (ou même de potasse caustique) dans l'eau de circulation ; on peut aussi utiliser une solution étendue d'acide chlorhydrique.
V.-L. D.

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

- LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE**, 3, rue Thénard, Paris (5^e).
CONSTRUCTION DES LIGNES AÉRIENNES (1) par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (3^e édit., 1 vol. autogr., de 362 p., et 188 fig.)..... 25 fr.
- CONSTRUCTION DES LIGNES SOUTERRAINES** (1), par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 346 p., 153 fig. et 17 pl.). 3 fr.
- COURS DE PROTECTION DES LIGNES** télégraphiques et téléphoniques contre les lignes d'énergie (1), par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr., de 493 p., 65 fig. et 2 pl.)..... 35 fr.
- COURS D'INSTALLATIONS TÉLÉPHONIQUES**, par MILON, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. typogr., de 46 p., 294 fig., 15 pl.)..... 45 fr.
- COURS D'EXPLOITATION TÉLÉGRAPHIQUE** (1), par L. RAYNAL, ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr. de 175 p.)..... 18 fr.
- PRINCIPES GÉNÉRAUX D'EXPLOITATION TÉLÉPHONIQUE** (1), par MILON, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 272 p. et 20 fig.)... 1 fr.
- TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SANS FIL** (1), par VEAUX, ingénieur en chef des P.T.T., (1 vol. typogr. de 320 p. et 362 fig.)..... (En réimpression)
- COURS SUR L'ORGANISATION ET LE CONTRÔLE DE L'EXPLOITATION DES BUREAUX TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES** (1), par LEVEAU, chef de bureau téléphonique hors classe breveté, (1 vol. autogr., de 190 p.).... 18 fr.
- COURS D'EXPLOITATION POSTALE** par FERRIERE chef de bureau des P.T.T. (2 vol. typogr. de 241 et 306 p.)..... 40 fr.
- COURS DE COMPTABILITÉ et de droit budgétaire** (1), par FERET DU LONGBOIS directeur au ministère des Finances (1 vol. typogr., 3^e éd., 156 p.)..... 15 fr.
- CONFÉRENCES DE COMPTABILITÉ industrielle et commerciale**, par G. VALENSI ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr. de 276 p.)..... 18 fr.
- COURS DE MACHINES** (1), par M. SAUVAGE, inspecteur général des Mines (1 vol. autogr., 207 p., 70 fig.), 15 fr.
- COMPLÉMENTS DE MATHÉMATIQUES** (1), par B. COLLIN, agrégé de l'Université, professeur au lycée Saint-Louis et à l'Ecole supérieure des P. T. T. (1 vol. autogr. de 84 p.)..... 7 fr.
- COURS ÉLÉMENTAIRE DE TÉLÉPHONIE** (2), par Louis GRELAUD, contrôleur principal des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 180 p. et 127 fig.)..... 22 fr.
- COURS D'ÉLECTRICITÉ** (2) (Application à la téléphonie et à la télégraphie à l'usage des agents mécaniciens et du Personnel des P. T. T.), par Ch. SUCHET, ingénieur des P.T.T., (3^e édit. 2 vol. typogr. de 299 p. et 236 p.) Tome I, 30 fr.; Tome II, 22 fr.
- COURS DE MULTIPLES TÉLÉPHONIQUES** (2) (à l'usage des agents mécaniciens, et du Personnel des P. T. T.), par Paul JOLY, ingénieur en chef des P.T.T. 2^e édit. 1 vol. autogr., 519 p., 147 fig. et un atlas de 70 pl.)..... 60 fr.
- COURS DE TÉLÉPHONIE AUTOMATIQUE** (2) (à l'usage des agents mécaniciens et du Personnel des P. T. T.), par Ch. PETIT, ingénieur en chef des P.T.T. (2 vol.).
 Livre I (415 pages, 162 fig. et 39 pl. hors-texte) 55 fr.
 Livre II (en impression)
- MANUEL DE L'OUVRIER** des lignes aériennes télégraphiques et téléphoniques, par L. DROUET, ingénieur en chef des P.T.T. (3^e éd., 1 vol. typogr. 13×18, de 254 p. et 158 fig.)..... 18 fr.

(1) Cours professé à l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes.

(2) Cours professionnels.

LAMPES DE T.S.F.

FOTOS



AMPLIFICATION
HAUTE-MOYENNE-BASSE
FRÉQUENCE
DETECTRICE



AMPLIFICATION
BASSE FRÉQUENCE



AMPLIFICATION
BASSE
MOYENNE
FRÉQUENCE

NOUVELLE SÉRIE
DE LAMPES DE RÉCEPTION A TRÈS FORTE
ÉMISSION ÉLECTRONIQUE
FABRICATION
GRAMMONT

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

(Suite)

- COURS DE T. S. F.** (à l'usage des comm. des P. T. T. destinés au service de T. S. F.), par VEAUX, ingénieur en chef des P. T. T. (1 vol. typogr. de 366 p., 351 fig. et 6 pl.)..... 35 fr.
- INSTRUCTION SUR LA CONSTRUCTION et l'entretien des lignes aériennes** (1927) (1 vol. relié, de 344 p., 100 fig. dont 1 pl. hors texte), 3^e éd..... 18 fr.
- INSTRUCTION PROVISOIRE SUR LA CONSTRUCTION et l'entretien des lignes souterraines** (1924) (1 vol. relié, de 260 p., 122 fig.)..... 22 fr.
- INSTRUCTION SUR LA COMBINAISON DES CIRCUITS et leur appropriation à la télégraphie et à la téléphonie simultanées** (1921) (1 plaquette reliée de 26 p., 20 fig et 2 pl. hors texte), 2^e éd..... 4 fr. 50
- INSTRUCTION SUR LA PROTECTION des installations télégraphiques et téléphoniques de l'Etat contre les courants industriels** (1918) (1 vol. relié, de 140 p.)..... 8 fr.
- INSTRUCTION SUR LES ESSAIS et mesures électriques et le relèvement des dérangements de lignes et de postes** (1927) (1 vol. relié, de 188 p. et 42 fig.) 3^e éd..... 12 fr.
- INSTRUCTION SUR L'INSTALLATION et l'entretien des postes téléphoniques d'abonnés** (1921) (1 vol. relié, de 64 p. et 22 fig. dont 7 pl.), 2^e éd..... 7 fr.
- INSTRUCTION SUR L'INSTALLATION des bureaux télégraphiques principaux** (1919) (1 vol. relié, de 86 p., 64 fig. dont 33 pl.)..... 10 fr.
- INSTRUCTION SUR L'INSTALLATION de l'éclairage électrique à l'intérieur des locaux** (19.0) (1 vol. relié, de 74 p., 32 fig. dont 3 pl. hors texte). (*En réimpression.*)
- INSTRUCTION SUR L'ENTRETIEN et le réglage des appareils télégraphiques** (1920) (1 vol. relié, de 154 p. et 39 fig.)..... (*En réimpression.*)
- LA TECHNIQUE TÉLÉGRAPHIQUE EN FRANCE depuis l'origine**, par R. MONTORIO, inspecteur des P.T.T (1 vol. typogr., de 240 pages, 113 fig. et 21 portraits hors texte). 4 fr.
- LA POSTE MILITAIRE EN FRANCE (Campagne 1914-1919)**, par A. MARTY, inspecteur général des P. T. T., chargé de la Poste militaire aux armées au Grand Quartier Général (1 vol. 16 × 25 de 139 p.)..... 9 fr.
- CONDITIONS D'INSTALLATION des bureaux de poste, de Télégraphe et téléphone** (une plaquette 13 × 18 de 47 p.)..... 2 fr. 50.

GAUTHIER-VILLARS, 55, Quai des Grands-Augustins, Paris (6^e):

DE LA PROPAGATION DU COURANT TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE
(THE PROPAGATION OF THE ELECTRIC CURRENTS, par J.-A. FLEMING):
traduit de l'anglais par RAVUT, ingénieur des P.T.T. (1913). — 1 vol..... 32 fr.

COURS D'ÉLECTRICITÉ THÉORIQUE (1), par POMEY, inspecteur général des P.T.T. (1914). — 2 vol. Tome I..... 35 fr.
Tome II..... 100 fr.

INTRODUCTION A LA THÉORIE DES COURANTS TÉLÉPHONQUES ET DE LA RADIOTÉLÉGRAPHIE, par POMEY, inspecteur général des P.T.T. (1920) 60 fr.

ANALOGIES MÉCANIQUES DE L'ÉLECTRICITÉ, par POMEY, inspecteur général des P.T.T. (1921)..... 20 fr.

RADIOTÉLÉGRAPHIE, RADIOTÉLÉPHONIE, RADIO-CONCERTS, par E. REY-NAUD-BONIN, ingénieur en chef des P.T.T. — 1 vol..... 15 fr.

(1) Cours professé à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes.



INSTRUMENTS DE PRÉCISION

Mesures Electriques

Télégraphie

-- Géodésie --

Navigation Maritime

et Aérienne

Optique

etc...

SIÈGE SOCIAL ET BUREAUX :

20, Rue Delambre, PARIS-XIV^e

Téléph. { Danton 65-43
Danton 65-44
Danton 65-45
Danton 65-46

Adresse
Télégraphique :
Ruhmkorff-Paris-43

ATELIERS :

Département Électricité : 14, 16, 18, 20, 22, Rue Delambre
Département Mécanique : 86, Grande-Rue, à Montrouge (Seine)

Téléphone : Vaugirard 02-09

Département Navigation et Optique : 98, Bd du Montparnasse

AGENCES FRANÇAISES :

Alès, Bordeaux, Brest, Caen, Cherbourg, Clermont-Ferrand,
Dijon, Epinal, Grenoble, Lille, Lorient, Lyon, Marseille, Metz,
Montluçon, Nancy, Nantes, Reims, Rouen, Saint-Etienne,
Strasbourg, Toulon, Toulouse, Tours.

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

(Suite)

LA TRANSMISSION TÉLÉPHONIQUE THÉORIQUE ET APPLIQUÉE, par HILL, traduit par G. VALENSI, ingénieur des P.T.T. — 1 vol. 70 fr.

MESURES TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES (1), par G. VALENSI, professeur à l'École supérieure des P.T.T. (1 vol. in-8°)..... 50 fr.

Etienne CHIRON, 40, rue de Seine. Paris (6°).

L'ACOUSTIQUE TÉLÉPHONIQUE, LA TÉLÉPHONIE, LA TÉLÉGRAPHIE, par E. RAYNAUD-BONIN, Ingénieur en chef des P.T.T. — 1 vol. de 85 p. et 101 fig. ?..... 12 fr.

L'ONDE ÉLECTROMOTRICE THÉORIE ÉLÉMENTAIRE DES TRANSMISSIONS DE COURANTS ALTERNATIFS, APPLICATIONS AUX LIAISONS TÉLÉPHONIQUES, par L. AGUILLON, Ingénieur des P.T.T. — 1 vol. 24 fr.

PRINCIPE DE CALCUL VECTORIEL ET TENSORIEL (ECOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ, SECTION DE RADIOTÉLÉGRAPHIE), par POMEY, Inspecteur général des P.T.T. 36 fr.

J.-B. BAILLÈRE ET FILS, 19, rue Hautefeuille, Paris (6°)

APPAREILS ET INSTALLATIONS TÉLÉGRAPHIQUES (1), par E. MONTORIOL, Inspecteur des P.T.T. — 1 vol. 40 fr.

LES SYSTÈMES DE TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE, par E. MONTORIOL, Inspecteur des P.T.T. — 1 vol. 40 fr.

APPAREILS ET INSTALLATIONS TÉLÉPHONIQUES (1), par E. REYNAUD-BONIN, Ingénieur en chef des P.T.T. — 1 vol. 50 fr.

RADIOTECHNIQUE GÉNÉRALE, par G. GUTTON, professeur à la faculté des sciences de Nancy. 1 vol. grand in-8 de 572 p. avec 303 fig. Broché : 90 fr. (ajouter 10 % pour frais d'envoi).

BERANGER, 15, rue des Saints-Pères, Paris (6°).

TRAITÉ DE TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE, par H. THOMAS, inspecteur général honoraire des P.T.T. (1 fort volume grand in-8° de 1214, p. 939 figures, 2° éd., revue et augmentée. Relié (2610 gr).....120 fr. — hausse 40 %

LES CABLES TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES (TELEGRAPHEN UND FERNSPRECHKABEL-ANLAGEN, par STILLE); traduit de l'allemand par PICAULT, Ingénieur, et E. MONTORIOL, Inspecteur des P.T.T. (1914). — 1 vol. in-8°.....35 fr. — hausse 40 %

DUNOD, 92, rue Bonaparte, Paris (6°).

INSTALLATIONS TÉLÉPHONIQUES, GUIDE PRATIQUE A L'USAGE DU PERSONNEL DES P.T.T. ET DES MONTEURS-ELECTRICIENS, par J. SCHILLS, directeur honoraire des P.T.T., 5° éd., revue et mise à jour par C. CORNET, ingénieur en chef des P.T.T., (1925). — 1 vol. in-8°.....relié, 44 fr ; broché, 35 fr.

L'ALLÈGE, 15, rue Monge, Paris (5°).

LA POSTE AUX LETTRES (1), par PIGNOCHET, Chef de Bureau breveté au Service Central des P.T.T., 1 volume illustré prix d'édit. 10 fr.

Chez A. DUMAS, 6, rue de la Chaussée-d'Antin, Paris (9°) :

Les dix premières années des **ANNALES DES P.T.T.** — L'année complète, pr. : 20 fr.

Le prix des années dont certains numéros sont épuisés sera réduit proportionnellement au nombre des numéros manquants.

(1) Cours professé à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes.

MACHINES ELECTRIQUES SPECIALES

Michel BONNIER

16, Rue Saint-Gilbert, LYON — Tél. Vaudrey 24-09.

Construction sur commande de Machines pour toutes les applications de l'Électricité.

Machines pour T.S.F.

Alternateurs et Transformateurs à fréquence musicale.

— Génératrices courant continu jusqu'à 10.000 volts. —
Groupes monoblocs à plusieurs circuits magnétiques.

Machines pour P.T.T.

Groupes de charges pour Centraux Téléphoniques. —
Groupes convertisseurs divers. — Moteurs synchrones.
— Commutatrices.

Machines pour Applications Diverses

Moteurs à vitesses lentes depuis 300 tours et Mo-
teurs à très grandes vitesses jusqu'à 10.000 tours. —
Transformateurs à tension réglable de zéro à maxima.
— Génératrices à grande intensité pour électrolyse. —
Dynamos-freins. — Redresseurs de courant à mercure
liquide système André LATOUR. — Régulateurs d'in-
duction. — Groupes d'étalonnage pour compteurs.

Représentants à Paris: Etablissements J. COMMISSAIRE, 9, Rue Sedaine. Tél. Roquette 53-48.

CABLES DE LYON

MANUFACTURE DE FILS ET CABLES ELECTRIQUES
DE LA COMPAGNIE GENERALE D'ELECTRICITE S. A. CAPITAL 30 MILLIONS

SIÈGE SOCIAL: 54, RUE LA BOETIE, PARIS

DIRECTION ET BUREAUX A LYON:

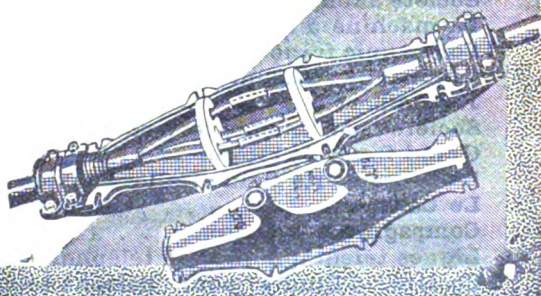
418-420, AVENUE JEAN-JAURES

USINES: 41, RUE DU PRE GAUDRY, 41

SUCCURSALE A PARIS:

16, RUE DE LA BAUME, 16 — TÉLÉPHONE: ÉLYSÉES 45-98

AINSI QUE DANS LES PRINCIPALES VILLES DE FRANCE



Tous fils et câbles
électriques isolés
Accessoires pour
réseaux souter-
rains

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ

MORS

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4 MILLIONS

11, Rue Petit, CLICHY (Seine) — Usines à Clichy et à Sens

Registre du commerce Seine n° 208.871 B

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

LUMIÈRE — FORCE — TÉLÉPHONIE — SONNERIES

MANUFACTURE DE FILS & CABLES ÉLECTRIQUES

Spécialités de Cordons pour Récepteurs, Combinés, Standards, etc...
Cordons pour T.S.F.

Établissements A. MEUNIER, VERGNAUD & C^{ie}

Société à responsabilité limitée — Capital 200.000 francs

Fournisseur des P.T.T.

BUREAUX ET ATELIERS :

3, Rue Rigaud, 3

LE BOURGET (Seine)

REGISTRE DU COMMERCE :

SEINE n° 221.671

Téléphone : NORD 64-67

Gare : BOURGET-DRANCY

Tramways 52 et 73

INDEX

	Pages
DOCUMENTATION.	D. 39, D. 40, D. 41, D. 42
BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES P.T.T.	8, 10, 12
Société des Téléphones Ericsson.	2
Compagnie des Téléphones Thomson-Houston.	3
Société française Gardy	4
Grammont	9
Ateliers J. Carpentier	11
Société alsacienne de constructions mécaniques	13
Société anonyme Siemens-France.	14
La machine à affranchir Havas.	15
Compagnie française des câbles télégraphiques	16
Cambridge Instrument C ^o Ltd	16
J. Audibert.	16
Société anonyme Lidgerwood	16
Grand Bazar de l'Hôtel-de-Ville.	16
Etablissements Gaiffe-Gallot et Pilon	16
Le Carbone.	16
Compagnie des Lampes.	16
Lignes télégraphiques et téléphoniques	16
Société d'Etudes pour liaisons téléphoniques et télégraphi- ques à longue distance.	16
Association des ouvriers en instruments de précision.	16
Société industrielle des Téléphones.	16
L'éclairage des véhicules sur rail	16
Compagnie générale de télégraphie et de téléphonie.	16
Ecole Berlitz.	16
Le Matériel Téléphonique.	16
Ateliers L. Doignon	16
Société Générale	16
Tréfileries et laminoirs du Havre	16
Machines électriques spéciales Michel Bonnier.	16
Les Câbles de Lyon	16
Société d'électricité Mors	16
Etablissements A. Meunier, Vergnaud et C ^{ie}	16
Ecole spéciale des Travaux publics	16
Société française des Appareils Creed	16

NOV 27 1929

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS
D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3 RUE THÉNARD PARIS, V^e

Prix de l'Abonnement annuel : France... .. 60 francs; Étranger..... 100 francs.

ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

Revue mensuelle publiée par les soins
d'une commission nommée par
LE MINISTRE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

La commission des *Annales* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs et qui peuvent ne pas refléter la doctrine de l'administration ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

RÉDACTION : 20, RUE LAS CASES, PARIS 7^e.
Téléphone : Ségur 46.43 et 45.59.

Pour tout ce qui concerne les abonnements et la publicité,
s'adresser à l'éditeur :

LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE,
3, rue Thénard, Paris 5^e.

TABLE DES MATIÈRES.

An sujet de l'influence électrostatique d'une ligne d'énergie sur une ligne téléphonique, par E. PICAUT, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.	885
La matière fulminante (<i>suite</i>) : Elasticité, tension superficielle, par E. MATHIAS, correspondant de l'Institut, directeur de l'Institut et Observatoire de physique du globe du puy de Dôme.	892
Système de téléphonie par courants porteurs pour circuits interurbains de faible longueur, par H. S. BLACK, M. L. ALMQUIST et L. M. ILGENFRTZ.	935
BREVETS D'INVENTION.	949
REVUE DES PÉRIODIQUES : Un appareil destiné à mesurer les petites amplitudes des vibrations.	952
INFORMATIONS : Poste aérienne. — Nouveaux timbres-poste français. — Congrès national de la radiodiffusion. — Renseignements statistiques sur l'exploitation postale en Suisse en 1928. — Renseignements statistiques sur l'exploitation télégraphique et téléphonique en Suisse en 1928. — Les origines de la poste au Japon.	955
BIBLIOGRAPHIE	965
DOCUMENTATION	D. 43

Au sujet de
L'INFLUENCE ÉLECTROSTATIQUE
d'une ligne d'énergie sur une ligne téléphonique,

par E. PICAULT,
ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

1. Les directives du Comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance donnent des formules simples permettant le calcul approché de la tension et de l'intensité du courant développées dans une ligne téléphonique par l'action électrostatique d'une ligne déséquilibrée (1). Le présent travail a pour but d'exposer une démonstration des formules du C.C.I. évitant les calculs compliqués de déterminants par une remarque simple, qui permet de mettre en œuvre, dès le début du calcul, les hypothèses qui le simplifient.

2. Les formules du C.C.I. sont fondées sur les hypothèses suivantes : la ligne inductrice est triphasée et porte trois fils, le cas de deux lignes triphasées sur les mêmes appuis étant exclu ; la ligne téléphonique porte deux fils, et elle est suffisamment écartée de la ligne d'énergie pour que la distance des deux lignes soit grande par rapport à l'écart des fils de la ligne d'énergie entre eux ou des fils de la ligne téléphonique entre eux ; on remplace en outre les constantes de la ligne d'énergie par des valeurs moyennes, et l'on fait de même pour les constantes de la ligne téléphonique, de manière à ne conserver dans le calcul que le coefficient a_1 , qui caractérise la position

1. Comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance, *Directives concernant les mesures à prendre pour protéger les lignes téléphoniques contre les influences perturbatrices des installations d'énergie à courant fort ou à haute tension*, 1926, p. 29 à 45.

relative des deux lignes et qui sera défini plus loin ; les carrés de a_{11} , et des coefficients analogues sont négligeables devant ceux de a_{11} , a_{12} , a_{44} , a_{45} .

Soient V_1, V_2, V_3 les tensions des fils de la ligne d'énergie, q_1, q_2, q_3 leurs charges, V_4 et V_5 les tensions des fils de la ligne téléphonique, q_4 et q_5 leurs charges. On écrit les équations de Maxwell sous l'une ou l'autre des deux formes équivalentes :

$$\left\{ \begin{array}{l} V_1 = a_{11} q_1 + a_{12} q_2 + a_{13} q_3 + a_{14} q_4 + a_{15} q_5, \\ V_2 = a_{21} q_1 + a_{22} q_2 + a_{23} q_3 + a_{24} q_4 + a_{25} q_5, \\ V_3 = a_{31} q_1 + a_{32} q_2 + a_{33} q_3 + a_{34} q_4 + a_{35} q_5, \\ V_4 = a_{41} q_1 + a_{42} q_2 + a_{43} q_3 + a_{44} q_4 + a_{45} q_5, \\ V_5 = a_{51} q_1 + a_{52} q_2 + a_{53} q_3 + a_{54} q_4 + a_{55} q_5, \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} q_1 = c_{11} V_1 + c_{12} V_2 + c_{13} V_3 + c_{14} V_4 + c_{15} V_5, \\ q_2 = c_{21} V_1 + c_{22} V_2 + c_{23} V_3 + c_{24} V_4 + c_{25} V_5, \\ q_3 = c_{31} V_1 + c_{32} V_2 + c_{33} V_3 + c_{34} V_4 + c_{35} V_5, \\ q_4 = c_{41} V_1 + c_{42} V_2 + c_{43} V_3 + c_{44} V_4 + c_{45} V_5, \\ q_5 = c_{51} V_1 + c_{52} V_2 + c_{53} V_3 + c_{54} V_4 + c_{55} V_5, \end{array} \right.$$

les coefficients a_{ii} et a_{ik} étant donnés par les formules :

$$a_{ii} = 2 \operatorname{Log} \frac{2h_i}{\rho_i}, \quad a_{ik} = 2 \operatorname{Log} \frac{D_{ik}}{d_{ik}},$$

en désignant par h_i la hauteur au dessus du sol du fil de rayon ρ_i , par D_{ik} la distance du fil de rang i à l'image du fil k par rapport au sol, par d_{ik} la distance des deux fils de rangs i et k (*). Les coefficients c_{ik} se déduisent des coefficients a_{ik} .

On remplace en outre les coefficients par les valeurs moyennes suivantes :

$$\begin{aligned} a_{11} &= a_{22} = a_{33} = 2 \times 9, \\ a_{12} &= a_{23} = a_{32} = 2 \times 2,5, \\ a_{44} &= a_{55} = 2 \times 9. \end{aligned}$$

Enfin on fait l'hypothèse que les coefficients a_{14}, a_{21}, a_{34} sont très peu différents les uns des autres, en raison de l'écart entre les deux

1. On observera que les coefficients a_{ik} sont doubles des coefficients d_{ik} des directives ; les coefficients c_{ik} qu'on en déduit sont la moitié des coefficients c_{ik} des directives.

lignes, et qu'il en est de même des coefficients a_{15} , a_{25} , a_{35} . Les formules de Maxwell s'écrivent alors, en y faisant

$$\begin{aligned} a_{14} &= a_{24} = a_{34}, & a_{15} &= a_{25} = a_{35}, & a_{11} &= a_{22} = a_{33}, \\ a_{12} &= a_{23} = a_{32}, & a_{44} &= a_{55} : \end{aligned}$$

$$(1) \quad \begin{cases} V_1 = a_{11} q_1 + a_{12} q_2 + a_{12} q_3 + a_{14} q_4 + a_{15} q_5, \\ V_2 = a_{12} q_1 + a_{11} q_2 + a_{12} q_3 + a_{14} q_4 + a_{15} q_5, \\ V_3 = a_{12} q_1 + a_{12} q_2 + a_{11} q_3 + a_{14} q_4 + a_{15} q_5, \\ V_4 = a_{14} q_1 + a_{14} q_2 + a_{14} q_3 + a_{44} q_4 + a_{45} q_5, \\ V_5 = a_{15} q_1 + a_{15} q_2 + a_{15} q_3 + a_{45} q_4 + a_{44} q_5. \end{cases}$$

On démontre d'ailleurs sans difficulté que, V_4 et V_5 étant peu différents, leur valeur commune est sensiblement

$$(2) \quad V = - \frac{(c_{14} + c_{15}) V_1 + (c_{24} + c_{25}) V_2 + (c_{34} + c_{35}) V_3}{c_{44} + 2c_{45} + c_{55}},$$

et que l'intensité est donnée par la formule :

$$(3) \quad I = j\omega l \frac{(c_{44} + c_{45}) [c_{15} V_1 + c_{25} V_2 + c_{35} V_3] - (c_{45} + c_{55}) [c_{14} V_1 + c_{24} V_2 + c_{34} V_3]}{c_{44} + 2c_{45} + c_{55}}.$$

Les formules (2) et (3) sont ensuite simplifiées à partir de l'hypothèse que a_{14} , a_{15} et les quantités analogues sont faibles devant les quantités a_{11} , a_{12} et leurs analogues. C'est ce calcul que nous nous proposons de simplifier.

3. Le calcul qui va suivre est fondé sur la remarque suivante : les coefficients a_{14} , a_{15} étant petits devant les coefficients a_{11} , a_{12} ..., les quantités q_4 et q_5 sont faibles devant q_1 , q_2 , q_3 ; par suite, on peut négliger les termes en q_4 et q_5 devant les trois autres dans les trois premières équations (1), et écrire :

$$\begin{cases} V_1 = a_{11} q_1 + a_{12} q_2 + a_{12} q_3, \\ V_2 = a_{12} q_1 + a_{11} q_2 + a_{12} q_3, \\ V_3 = a_{12} q_1 + a_{12} q_2 + a_{11} q_3, \\ V_4 = a_{14} q_1 + a_{14} q_2 + a_{14} q_3 + a_{44} q_4 + a_{45} q_5, \\ V_5 = a_{15} q_1 + a_{15} q_2 + a_{15} q_3 + a_{45} q_4 + a_{44} q_5. \end{cases}$$

Cette approximation paraît légitime *a priori* ; pour en fixer l'importance, plaçons-nous dans le cas très simple où la ligne d'énergie ne comprend qu'un fil placé à 10 mètres au dessus du sol,

et dont le rayon est de 4 millimètres, la ligne téléphonique comprenant un seul fil à 5 mètres du sol et d'un rayon de 2 millimètres, la distance des deux fils étant de 30 mètres. Les fils 2, 3, 5 n'existent pas. On a alors :

$$a_{11} = 2 \times 9, \quad a_{44} = 2 \times 9, \quad a_{14} = 2 \times 0,08.$$

$$\begin{cases} V_1 = 18 q_1 + 0,16 q_4 \\ V_4 = 0,16 q_1 + 18 q_4 \end{cases}$$

q_4 est nul si la ligne induite isolée avant le déséquilibre reste ensuite isolée. Le maximum de q_4 en valeur absolue s'obtient quand la ligne induite est à la terre, ce qui s'exprime par l'équation :

$$V_4 = 0,$$

$$\text{d'où} \quad q_4 = -\frac{0,16}{18} q_1.$$

La première équation se réduit à :

$$V_1 = 18 q_1 - \frac{(0,16)^2}{18} q_1.$$

Le rapport du second terme au premier est $\left(\frac{0,16}{18}\right)^2$; il est donc inférieur à $\frac{1}{10.000}$, et par suite le second terme est bien négligeable devant le premier. C'est d'ailleurs la même approximation sur laquelle est fondée la simplification des déterminants des directives : a^2_{14} est négligeable devant $a^2_{11}, a^2_{12}, a^2_{44}, a^2_{45}$. La signification physique de cette approximation est donc donnée ci-dessus : la réaction de la ligne induite sur la ligne inductrice est négligeable.

4. Le calcul ne présente dès lors aucune difficulté.

Le maximum de V_4 et de V_5 s'obtient quand la charge du circuit est nulle ; on a alors : $q_1 = q_3 = 0$, et la tension à l'emplacement des fils du circuit téléphonique est la même que le potentiel du champ produit par la ligne triphasée si le circuit n'existait pas :

$$\begin{cases} V_1 = a_{11} q_1 + a_{12} q_2 + a_{13} q_3, \\ V_2 = a_{12} q_1 + a_{22} q_2 + a_{23} q_3, \\ V_3 = a_{13} q_1 + a_{23} q_2 + a_{33} q_3, \\ V_4 = a_{14} q_1 + a_{44} q_2 + a_{45} q_3, \\ V_5 = a_{15} q_1 + a_{45} q_2 + a_{55} q_3. \end{cases}$$

Des trois premières équations, on déduit, en les ajoutant membre à membre :

$$V_1 + V_2 + V_3 = (a_{11} + 2a_{12}) (q_1 + q_2 + q_3),$$

d'où :

$$(4) \quad \begin{cases} V_4 = \frac{a_{14}}{a_{11} + 2a_{12}} (V_1 + V_2 + V_3), \\ V_5 = \frac{a_{15}}{a_{11} + 2a_{12}} (V_1 + V_2 + V_3), \end{cases}$$

d'où nous déduirons dans un instant la valeur indiquée pour V dans les directives.

Pour calculer I , nous en simplifierons d'abord l'expression (3) en tenant compte des égalités approchées :

$$\begin{aligned} c_{14} &= c_{24} = c_{34}, & c_{15} &= c_{25} = c_{35}, & c_{44} &= c_{55}, \\ I &= j\omega l \frac{(c_{41} + c_{45}) c_{15} (V_1 + V_2 + V_3) - (c_{44} + c_{45}) c_{14} (V_1 + V_2 + V_3)}{c_{44} + 2c_{45} + c_{55}} = \\ &= j\omega l \frac{(c_{15} - c_{14}) (c_{44} + c_{45}) (V_1 + V_2 + V_3)}{2(c_{44} + c_{45})}, \\ (5) \quad I &= j\omega l \frac{c_{15} - c_{14}}{2} (V_1 + V_2 + V_3), \end{aligned}$$

Pour en calculer les coefficients c_{14} et c_{15} il faut exprimer q_4 et q_5 en fonction des V_i . Nous partirons, à cet effet, des équations approchées :

$$\begin{cases} V_1 = a_{11} q_1 + a_{12} q_2 + a_{12} q_3, \\ V_2 = a_{12} q_1 + a_{11} q_2 + a_{12} q_3, \\ V_3 = a_{12} q_1 + a_{12} q_2 + a_{11} q_3, \\ V_4 = a_{14} (q_1 + q_2 + q_3) + a_{44} q_4 + a_{45} q_5, \\ V_5 = a_{15} (q_1 + q_2 + q_3) + a_{45} q_4 + a_{44} q_5. \end{cases}$$

Les deux dernières équations s'écrivent :

$$\begin{aligned} a_{44} q_4 + a_{45} q_5 &= -a_{14} (q_1 + q_2 + q_3) + V_4, \\ a_{45} q_4 + a_{44} q_5 &= -a_{15} (q_1 + q_2 + q_3) + V_5, \end{aligned}$$

et, comme on déduit des trois premières :

$$V_1 + V_2 + V_3 = (a_{11} + 2a_{12}) (q_1 + q_2 + q_3),$$

il vient :

$$\begin{cases} a_{44} q_4 + a_{45} q_5 = V_4 - \frac{a_{14}}{a_{11} + 2a_{12}} (V_1 + V_2 + V_3), \\ a_{45} q_4 + a_{44} q_5 = V_5 - \frac{a_{15}}{a_{11} + 2a_{12}} (V_1 + V_2 + V_3), \end{cases}$$

d'où l'on tire :

$$(6) \quad \begin{cases} (a_{44}^2 - a_{45}^2) q_4 = V_4 a_{44} - V_5 a_{45} - \frac{a_{14} a_{44} - a_{15} a_{45}}{a_{11} + 2a_{12}} (V_1 + V_2 + V_3), \\ (a_{44}^2 - a_{45}^2) q_5 = V_5 a_{44} - V_4 a_{45} - \frac{a_{15} a_{44} - a_{14} a_{45}}{a_{11} + 2a_{12}} (V_1 + V_2 + V_3); \end{cases}$$

et, en comparant avec

$$\begin{cases} q_4 = c_{14} V_1 + c_{11} V_2 + c_{14} V_3 + c_{44} V_4 + c_{45} V_5, \\ q_5 = c_{15} V_1 + c_{15} V_2 + c_{15} V_3 + c_{45} V_4 + c_{55} V_5, \end{cases}$$

on trouve :

$$c_{14} = \frac{a_{15} a_{45} - a_{14} a_{44}}{(a_{11} + 2a_{12})(a_{44}^2 - a_{45}^2)}, \quad c_{15} = \frac{a_{14} a_{45} - a_{15} a_{44}}{(a_{11} + 2a_{12})(a_{44}^2 - a_{45}^2)},$$

d'où :

$$c_{14} - c_{15} = \frac{a_{15} - a_{14}}{(a_{11} + 2a_{12})(a_{44} - a_{45})}.$$

L'expression (5) devient (en négligeant le facteur j) :

$$(7) \quad I = \frac{\omega l}{2} \cdot \frac{a_{15} - a_{14}}{(a_{11} + 2a_{12})(a_{44} - a_{45})} (V_1 + V_2 + V_3).$$

Dans le cas d'une ligne déséquilibrée, E étant la tension entre phases, on retrouve la formule des directives, si

$$V_1 + V_2 + V_3 = 3 V_0, \quad V_0 = \frac{E}{\sqrt{3}},$$

on obtient :

$$V = \frac{a_{14}}{a_{11} + 2a_{12}} (V_1 + V_2 + V_3) = \frac{3 V_0}{a_{11} + 2a_{12}} \frac{4 bc}{d^2 + b^2 + c^2} = \frac{E}{4} \frac{bc}{d^2 + b^2 + c^2},$$

en désignant par b la hauteur moyenne au dessus du sol des fils de la ligne d'énergie, par c la hauteur moyenne au dessus du sol des fils de la ligne téléphonique, par d la distance des deux lignes, en remplaçant a_{14} par la valeur approchée

$$a_{14} = \frac{4 bc}{d^2 + b^2 + c^2}$$

et en observant que, d'après les valeurs numériques ci-dessus,

$$a_{11} + 2a_{12} = 2 \times (9 + 5) = 2 \times 14.$$

On calcule I à partir de la formule (6), en remplaçant $a_{44} - a_{45}$ et $a_{11} + 2a_{12}$ par leurs valeurs numériques, et $a_{15} - a_{14}$ comme la différentielle de a_{14} , suivant le même procédé que dans les directives.

Si la ligne inductrice est monophasée, le fil 3 n'existe pas, et l'on obtient les formules :

$$V_4 = \frac{a_{14}}{a_{11} + a_{12}} (V_1 + V_2),$$

$$I = \frac{\omega l}{2} \cdot \frac{a_{15} - a_{14}}{(a_{11} + a_{12})(a_{44} - a_{45})} (V_1 + V_2).$$

5. Si l'on applique la formule (2) au calcul de V , valeur moyenne de V_4 et V_5 , on trouve :

$$V = - \frac{c_{14} + c_{15}}{2(c_{44} + c_{45})} (V_1 + V_2 + V_3).$$

Or des égalités (6) on tire :

$$c_{44} = \frac{a_{44}}{a_{44}^2 - a_{45}^2}, \quad c_{55} = \frac{-a_{45}}{a_{44}^2 - a_{45}^2}, \quad c_{44} + c_{45} = \frac{1}{a_{44} + a_{45}},$$

$$c_{14} + c_{15} = - \frac{a_{14} + a_{15}}{(a_{11} + 2a_{12})(a_{44} + a_{45})},$$

d'où :

$$V = \frac{a_{14} + a_{15}}{2(a_{11} + 2a_{12})} (V_1 + V_2 + V_3),$$

ce qui est bien la moyenne des valeurs obtenues précédemment pour V_4 et V_5 et se confond avec l'une ou l'autre de ces quantités quand on fait $a_{14} = a_{15}$.

Remarque. — Les formules (4) et (7) donnant V et I en fonction de la somme $V_1 + V_2 + V_3$, résultent de la méthode de calcul adoptée dans les directives aussi bien que de la précédente ; elles ne sont cependant pas données dans les directives. Elles mettent en évidence l'importance des effets d'induction électrostatique d'une ligne déséquilibrée quant aux tensions, sans qu'aucune hypothèse soit nécessaire *sur les tensions*. Elles peuvent servir de base à une

théorie des lignes déséquilibrées ; elles ne s'appliquent d'ailleurs pas aux effets d'influence des lignes équilibrées, qui leur échappent en raison des hypothèses faites pour les établir :

$$a_{11} = a_{22} = a_{33}, \quad a_{14} = a_{24} = a_{34}, \quad a_{15} = a_{25} = a_{35},$$

Elles donnent ainsi la première approximation dans l'étude des effets d'influence électrostatique, qui correspond au cas où les tensions sont déséquilibrées dans les lignes inductrices.

LA MATIÈRE FULMINANTE :

(suite)

élasticité, tension superficielle, ⁽¹⁾

par E. MATHIAS,

correspondant de l'Institut,

directeur de l'Institut et observatoire de physique

du globe du puy de Dôme.

RÉSUMÉ. — *Ce travail est la réunion de deux chapitres, de longueur inégale. Le premier, formé exclusivement de compléments aux mémoires précédents, est un long historique des recherches expérimentales sur l'éclair en boule, dans lequel on a donné aux recherches de Tæpler le développement et l'importance qu'elles méritent. La substance de ce chapitre est empruntée à la magistrale étude de C. de Jans, ingénieur en chef des Télégraphes de Belgique, sur la foudre globulaire, dont on ne saurait trop louer la prodigieuse et consciencieuse érudition. Nous avons essayé de concilier la théorie de Tæpler avec la notion de la matière fulminante, inconnue de son temps.*

Le chapitre II étudie l'élasticité et la tension superficielle de la matière fulminante. Il s'occupe d'abord des formes de transition de la matière fulminante en mouvement et des phénomènes de rebondissement. Dans le partage d'un globe en plusieurs autres, on distingue le cas où elle a lieu à tension superficielle constante sous l'influence d'un choc, ou par la diminution de la tension superficielle consécutive à une absorption d'impureté. L'étude des formes serpentine, ou simplement cylindriques, des barres lumineuses et des formes rares de la foudre globulaire termine cet important chapitre.

I. COMPLÉMENTS AUX PRÉCÉDENTS MÉMOIRES.

1. Historique des recherches expérimentales sur l'éclair en boule. — De la magistrale étude de C. de Jans, ingénieur en chef des Télégraphes de Belgique sur la foudre globulaire ⁽²⁾, nous détachons, en les résumant librement, l'historique suivant des recherches expérimentales faites sur ce sujet.

1. Cet article fait suite aux trois mémoires du même auteur qui ont paru précédemment dans les *Annales*, en novembre 1927, juillet 1928 et août 1929.

2. C. DE JANS, *Coup d'œil rétrospectif sur les essais d'explication de la foudre globulaire*. Bruxelles, p. 23. (Extrait de *Ciel et Terre*).

En 1854, du Moncel, faisant lécher par l'étincelle d'une bobine de Rhumkorff, à l'air libre, une lame de verre ou une planche vernie humectée par de minces flaques d'eau, vit se former des *globules rougeâtres* qu'il considérait comme les analogues de la foudre en boule. Celle-ci était due, pour lui, à un écoulement d'électricité produit sous l'influence des nuages et ayant pour siège les couches humides de l'atmosphère voisines du sol ; là où ces couches sont interrompues par des lames d'air sec, l'écoulement électrique devient visible : c'est l'éclair en boule (1).

L'expérience de du Moncel a été répétée sous une multitude de formes par plusieurs physiciens. Ce fut Planté qui donna à ce genre d'expériences le plus d'éclat et de variété, et il en déduisit une explication de la foudre globulaire très supérieure aux vagues conjectures de ses prédécesseurs. Il se représente ce phénomène de plusieurs manières, suivant les circonstances dans lesquelles il se produit.

1^o Du nuage orageux, un boyau invisible, consistant en de l'air relativement bon conducteur, descend vers le sol ; ce tube, faisant office d'électrode, laisse passer un courant, une décharge ralentie, du nuage à la terre. Ce tube, plus ou moins conique, se resserre vers le bas ; à son extrémité inférieure, près de la surface de la terre, la décharge devient visible sous la forme de foudre globulaire.

Conformément aux idées erronées de son temps, Planté, non seulement attribue la conductibilité du canal aérien à son degré élevé d'humidité, mais assimile cette conductibilité à la conduction métallique en admettant que le conducteur aérien s'échauffe dans la région la plus étroite. Il en résulterait un grand degré de raréfaction, un espace rempli d'un mélange d'air et de gaz tonnant raréfiés et portés à l'incandescence, « une sorte d'œuf électrique sans enveloppe de verre » (2).

2^o En second lieu, Planté suppose que, pendant les orages, des condensateurs invisibles peuvent se former, dont le diélectrique

1. TH. DU MONCEL, *Théorie des éclairs* (Mém. Soc. d. Sc. Nat. de Cherbourg, 2, 49, 1854).

2. GASTON PLANTÉ, *Phénomènes électriques de l'atmosphère*. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1888, p. 32.

consisterait en une couche d'air relativement sec, tandis que la surface du sol et une couche d'air très humide en formeraient les armatures. La décharge d'un tel condensateur à travers son diélectrique se manifesterait sous la forme d'une sphère d'air raréfié porté à l'incandescence et mélangé des produits de la dissociation de la vapeur d'eau. Ici, Planté se fonde sur son expérience avec les électrodes de papier humecté (1).

3° Il est enfin, suivant Planté, un troisième mode de formation de la foudre en boule : c'est la désagrégation d'un éclair en chapelet ; les grains de celui-ci s'éparpilleraient et seraient autant de globes fulminants, *très éphémères* (2). Cette explication paraît très obscure à C. de Jans. Planté, au lieu de considérer la foudre en boule comme « un simple état de l'air traversé par une décharge, paraît revenir à l'opinion ancienne... d'agglomération de la matière électrisée » (3).

Quoique les démonstrations de Planté n'aient jamais convaincu les physiciens, les phénomènes observés par lui n'ayant avec l'éclair en boule qu'une analogie lointaine se bornant tout au plus à la forme extérieure, il n'en a pas moins été suivi par un grand nombre d'expérimentateurs : von Lepel, Piltchikoff, Pilleux, Stéphane Leduc, Baljasni, Hesehus et Georgiewski, dont les recherches n'ont pas éclairé la question.

Plus sage, Snow Harris avait suggéré que l'éclair en boule pouvait être une décharge en aigrette émise par l'air électrisé.

Plus près de nous, W. M. Thornton (4) est parti à peu près de la même idée, admettant que la décharge en aigrette, consécutive à un coup de foudre à tendance oscillatoire parti des nuages, est la

1. Avec une tension de 4.000 volts entre deux électrodes revêtues de papier à filtre humectées d'eau distillée, qui formaient ainsi un condensateur à lame d'air et à armatures aqueuses, il obtint la décharge sous la forme d'un petit globe ambulant.

2. Malgré des dimensions parfois considérables comme dans l'éclair en chapelet de Leyde (Voir E. MATHIAS, *La foudre*, etc..., *Ann. des P.T.T.*, nov 1927, p. 1004). Cela ne permettrait pas d'expliquer que des foudres globulaires de la dimension d'un gros pois puissent durer 5 à 6 minutes, comme dans l'observation faite à Rennes, le 14 septembre 1746, par Lohier fils, avocat au parlement de Bretagne.

3. G. PLANTÉ, *loc. cit.*, p. 38, p. 66-67.

4. W.-M. THORNTON, *Phil. Mag.* 21, 630, 1911.

cause primordiale de l'éclair en boule. Il édifie une théorie chimique de ce dernier en supposant que l'ozone produit par la décharge se rassemble en sphère nuageuse qui obéit à l'action de la pesanteur et renferme, d'une part, une certaine charge électrique négative acquise au moment de sa formation et, d'autre part, une quantité considérable d'énergie explosive. Malheureusement, les considérations invoquées par l'auteur pour expliquer la formation et la stabilité mécanique de cette sphère sont inexistantes, sans compter que la charge négative de l'éclair en boule est contraire à la réalité.

2. Recherches expérimentales de Tœpler. — Tœpler a eu le mérite d'ouvrir la voie à des recherches entièrement nouvelles, qui l'ont amené à *considérer la foudre en boule comme une forme jusqu'à là non remarquée de l'aigrette électrique*.

L'assimilation de l'éclair en boule à l'aigrette avait déjà été remarquée. Du Moncel et Planté, dit C. de Jans (¹), la pressentaient ; mais le maintien d'un vide partiel sur le chemin de la décharge et l'incandescence thermique étaient impossibles à admettre. Si l'éclair en boule est une aigrette, elle se produit dans l'air à la pression ordinaire et sans l'intervention de hautes températures.

Tœpler entreprit donc l'étude systématique de la décharge dans l'air libre, et il découvrit une forme nouvelle, intermédiaire entre l'aigrette ordinaire et l'arc voltaïque, qu'on appelle l'*arc d'aigrettes* (²).

Les formes de la décharge électrique dans l'air constituent deux grandes classes : les *décharges discontinues* (étincelle électrique), intermittentes, de très courte durée, et les *décharges quasi-continues*, qui durent tant qu'elles trouvent de l'électricité disponible, leurs intermittences, très courtes, n'étant visibles qu'au miroir tournant. Il n'y a pas de différence absolue entre ces deux catégories, entre lesquelles tous les intermédiaires sont possibles.

La décharge quasi-continue, se produisant dans l'air atmosphérique, à la pression et à la température ordinaires, prend elle-même différentes formes :

1. C. DE JANS, *loc. cit.*, p. 28.

2. *Eclairage électrique*, 26, 58, 1901.

1. la *décharge obscure*, qui fraye leur chemin aux décharges lumineuses ;

2. la *décharge par lueurs*, qui recouvre la surface des électrodes comme d'une couche phosphorescente ;

3. l'*aigrette*, succession très rapide de décharges lumineuses indiscernables à la vue simple ; l'aigrette varie avec les conditions dans lesquelles elle naît :

l'*aigrette positive* est une gerbe très ouverte de filaments lumineux déliés et peu courbés, réunis à l'électrode par une tige commune ; l'*aigrette négative*, de structure plus délicate et moins ouverte que l'aigrette positive, n'a pas généralement de tige ;

dans les formes 1, 2, 3, le gaz seul est lumineux, le transport électrique se faisant par les ions gazeux du milieu où plongent les électrodes ; le spectre de l'aigrette n'offre pas de raies métalliques, et les électrodes ne détachent pas la moindre parcelle métallique ;

4. l'*arc d'aigrettes*, découvert par Tœpler, forme presque silencieuse, siège d'une production de chaleur notable ; on peut y distinguer une partie positive et une partie négative le plus souvent nettement séparées ; la partie négative, plus particulièrement, tend à se stratifier ; au voisinage des électrodes, on peut admettre l'existence d'ions provenant des électrodes ; avec certaines restrictions, cette forme de décharge ne différerait pas essentiellement de la colonne positive des tubes de Geissler ;

5. l'*arc voltaïque* de Davy.

Tœpler a étudié ces différentes formes de la décharge quasi-continue dans l'air à la pression atmosphérique ; la source d'électricité était une ou deux machines de Tœpler à 60 plateaux. Par l'emploi d'une électrode semi-conductrice en forme de plaque (d'ardoise ou de basalte) et d'une électrode métallique pointue de capacité suffisante, la partie de la décharge correspondant à la plaque s'atrophie presque complètement et demeure à côté de cette électrode, tandis que l'arc d'aigrettes relatif à la pointe se développe. En intervenant les électrodes, on peut étudier séparément les deux arcs d'aigrettes, positif et négatif.

Si la capacité des électrodes est excessivement petite, le passage d'une forme quasi-continue de la décharge à l'autre se fait

d'une manière continue. Si la capacité des électrodes n'est pas négligeable, le passage d'une forme de décharge à l'autre est interrompu par des décharges discontinues.

De ses expériences, Tœpler conclut que l'arc d'aigrettes est, parmi les formes de la décharge obtenue jusqu'ici, celle qui offre *le plus d'analogie avec la foudre globulaire sans être entièrement identique avec elle* ⁽¹⁾.

3. Théorie de l'éclair sphérique d'après Tœpler. — Le processus qui donne naissance à l'éclair en boule serait le suivant. La décharge, aussi bien dans le sein des nuages qu'entre un nuage et la terre, débute par un éclair fulgurant linéaire. Mais, après qu'a jailli cet éclair initial, le chemin de celui-ci se trouve, pendant un temps très minime, dans un état tel, que l'électricité s'y meut plus aisément que dans l'air environnant : l'éclair initial laisse après lui *un canal de décharge* qui peut-être utilisé par une série de décharges subséquentes en forme d'éclairs ordinaires. Il est également possible que le canal de décharge devienne le siège d'un écoulement d'électricité quasi-continu. Si celui-ci est très régulier, il se produit une stratification régulière, une formation de masses lumineuses sur la route de la décharge (éclair en chapelet ou en boule) ⁽²⁾.

Ainsi donc, dit C. de Jans ⁽³⁾, la condition primordiale pour l'apparition d'un globe fulminant est, d'après cette théorie, un éclair

1. MAX TÖPLER, *Ueber die Abhängigkeit des Charakters elektrischer Dauerentladung in atmosphärischer Luft von dem Entladungsraume kontinuierlich zugeführten Elektrizitätsmenge, nebst einem Anhang zur Kenntnis der Kugelblitze* (*Ann. der Physik* [IV], 2, p. 560-639, 1909) (voy. p. 623).

L'auteur dit textuellement : « Unter der Entladungsformen, welche bisher auf die verschiedenste Weise hergestellt worden sind, ist sicher keine mit den Kugelblitzen völlig identisch. Jedoch haben wir in dem Büschellichtbogen einen Entladungsprozess zu experimenteller Verfügung, welcher in der verschiedensten Hinsicht dem in Kugelblitzen statt finden ähnelt... ». La traduction, mot à mot, est la suivante : « Parmi les formes de la décharge qui jusqu'ici, de la manière la plus diverse, ont été réalisées, il n'en est certainement aucune complètement identique à l'éclair sphérique. Cependant, nous avons dans l'arc d'aigrettes un processus de décharge à notre disposition expérimentale qui, sous les rapports les plus divers, est analogue avec ce qui se produit dans les éclairs sphériques... ».

2. MAX TÖPLER, *loc. cit.*, p. 624-625.

3. C. DE JANS, *loc. cit.*, p. 35-37.

linéaire préalable. Il est certain que l'étincelle gigantesque de l'éclair linéaire ionise fortement l'air sur son passage. Il en résulte un sillon (le canal de décharge) qui se distingue de l'air ambiant par une conductibilité notable. Si le canal persiste, il sera choisi de préférence à tout autre par les décharges électriques naturelles, et si un flux quasi-continu peut prendre naissance, c'est par lui qu'il s'établira. *La présence d'un tel canal est attestée par les photographies que Waller a obtenues avec une chambre tournante* ⁽¹⁾. Ces photographies montrent que l'éclair fulgurant linéaire ne se compose généralement pas d'une étincelle unique, mais de plusieurs dont chacune s'avance un peu plus loin que la précédente, de telle sorte que la dernière seule de ces multiples étincelles franchit la distance explosive totale. Chaque décharge partielle suivant exactement son chemin préparé par la précédente, *cela tend à prouver la réalité du canal de décharge* ⁽²⁾.

Quant au *flux d'électricité consécutif à l'éclair*, il se trahit PAR UNE LUMINESCENCE DE SA TRAJECTOIRE APRÈS QUE L'ÉCLAIR A PASSÉ.

Si, pendant que ce flux invisible parcourt le canal de décharge, le gradient de potentiel et la densité de courant prennent des valeurs suffisamment élevées, *l'air se mettra à luire à ces endroits* : de là l'apparition d'un ou de plusieurs éclairs en boule, ou, si une colonne stratifiée prend naissance, d'un éclair en chapelet.

La luminescence de la trajectoire du flux consécutif à l'éclair est généralement très éphémère et seulement décelable par la photographie. Pockels a décrit des lueurs persistant jusqu'à une seconde et qui, en s'éteignant graduellement, donnaient aux éclairs l'apparence d'un filament de lampe à incandescence après qu'on vient de couper le courant ⁽³⁾.

On a tenté d'expliquer cette luminescence de différentes ma-

1. B. WALTER, *Ueber die Entstehungsweise des Blitzes* (Ann. d. Phys. (IV) 10, 1903, p. 393-407).

2. L'étincelle est multiple lorsque le nuage est positif par rapport à la terre (éclair descendant vertical) ; il est simple dans le cas contraire (éclair ascendant). Ces remarques ont été faites longtemps avant le mémoire récent de G. C. SOMPSON : *On lightning*.

3. F. POKKELS, *Meteor-Zeitsch.*, t. 10, p. 73-74, 1893.

nières. *L'explication la plus probable serait celle d'un écoulement d'électricité par le canal de décharge* ; l'appui le plus solide de cette hypothèse, dit C. de Jans (1), est que la lueur ne se manifeste généralement qu'un peu après la disparition de l'éclair.

Quant à la discussion qui s'est élevée à propos de la cause de cette luminescence, nous l'avons discutée tout au long dans un travail antérieur (2) et montré que les phénomènes, en apparence singuliers, observés par Pockels, Piltchikoff, Touchet, s'expliquaient de la façon la plus simple et la plus sûre par la chute de la matière fulminante dans l'air postérieurement au passage de la décharge électrique naturelle. Si nous considérons maintenant les photographies d'éclair dont il est question plus haut, la luminescence de la trajectoire de l'éclair révèle uniquement la matière fulminante restée en place et tombant très lentement dans les premiers instants ; *le flux d'électricité consécutif à l'éclair est par suite totalement inexistant* ; toutes les considérations de Max Tœpler relatives à la décharge quasi continue deviennent forcément caduques. *Le canal de décharge est bien une réalité expérimentale* et il répond à une idée juste ; *mais il ne livre passage à un écoulement d'électricité que pendant les décharges partielles* dont il a été question précédemment, *et cela pendant un temps excessivement court, de l'ordre du millième de seconde à chaque décharge.*

Le renversement des conclusions de Tœpler ne diminue en rien la valeur de ses expériences ; dans l'inexactitude générale de sa théorie, subsistent des parcelles de vérité qui avaient une valeur indéniable à l'époque (1900) de son travail, sa théorie ayant alors remplacé les balbutiements de ses devanciers par quelque chose de beaucoup plus net, donnant bien la sensation qu'on s'était rapproché du but poursuivi, qui était l'explication expérimentale de l'éclair en chapelet et de l'éclair en boule.

Le grand mérite de C. de Jans est d'avoir très courageusement, de 1910 à 1912, développé ce point de vue en insistant aussi bien sur les nombreux points de contact de la théorie de Tœpler avec

1. C. DE JANS, *loc. cit.*, p. 37, en note.

2. E. MATHIAS, *La foudre* (Ann. des P. T. T., nov. 1927), p. 997.

l'expérience que sur les obscurités et les lacunes qu'elle renfermait.

L'éclair en chapelet et l'éclair en boule se produisant dans l'air à la température et à la pression ordinaires, Max Tœpler avait intuitivement posé en principe qu'ils étaient, *sans modification*, des formes de la décharge électrique dans l'air à la température et à la pression ordinaires. C'est peut-être acceptable pour l'éclair en chapelet, mais c'est certainement inexact pour la foudre globulaire. En effet, la matière fulminante de cette dernière *est une masse continue, limitée par une surface dont la courbure grossièrement constante (en dehors de la forme sphérique) a le plus souvent une valeur moyenne et est rarement très grande.*

Au contraire, l'arc d'aigrettes, qu'on a cherché en quelque sorte à identifier à la foudre globulaire, *est une masse de matière fulminante arborescente, dont le rayon de courbure, très variable d'un point à l'autre, est le plus souvent très grand.*

Les formes extérieures de l'arc d'aigrettes et de la foudre globulaire sont donc très dissemblables ; mais cette dissemblance spécifique n'empêche pas d'assez nombreuses analogies. En voici quelques-unes des plus satisfaisantes :

1^o Les phénomènes générateurs de la foudre globulaire seront, en général, de courte durée. Même dans le cas où la source d'électricité pourrait débiter pendant un temps considérable, si le champ électrique n'est pas très intense, au moins en l'un de ses points, le canal de décharge ne restera conducteur que pendant peu de temps, d'autant plus que le passage même du courant détruit la conductibilité par la convection aux électrodes des ions présents dans le gaz. Ce n'est que si le champ est assez intense pour entretenir l'ionisation (par choc des ions) que la décharge pourra persister pendant un temps plus considérable. C'est ce qui explique la courte durée de la plupart des éclairs en boule et la rareté exceptionnelle des globes fulminants persistant durant plusieurs minutes.

2^o La foudre globulaire affecte diverses colorations ; il en est de même de l'arc d'aigrettes, et cela dépendrait, suivant Tœpler, de la densité du courant. L'arc d'aigrettes est bleuâtre pour une faible densité de courant ; il passe successivement au rouge sombre,

au carmin, au rouge brique, au rouge orangé, au blanc pour des densités de courant croissantes.

3^o Le fait que souvent la foudre globulaire s'élance vers les bons conducteurs, parmi lesquels le corps humain, de même que le fait contraire que la foudre globulaire évite fréquemment les masses conductrices, correspondent à des effets semblables observés sur l'arc d'aigrettes.

4^o L'aptitude remarquable de la matière fulminante à passer à travers des orifices étroits (des trous de serrure, des fentes minces) se retrouve au même degré chez l'arc d'aigrettes.

5^o Le partage d'une foudre globulaire en fragments plus petits s'expliquerait par la ramification du canal de décharge près de la surface du sol.

6^o La fusion de plusieurs globes fulminants en un nombre moindre s'expliquerait par un mécanisme inverse du précédent.

7^o L'extinction sans bruit de la foudre globulaire s'explique si, dans le nuage générateur, l'afflux d'électricité cesse complètement, ou encore lorsque le transport des ions par le courant a privé le canal de décharge de son pouvoir conducteur, le champ électrique étant insuffisant pour l'entretien spontané de l'ionisation, ou encore si les mouvements de l'air rompent le canal de décharge.

8^o La décharge explosive de la foudre globulaire s'explique également ainsi. Pendant que la décharge quasi continue se produit, l'entraînement par le vent du canal de décharge peut amener une ou même les deux extrémités de celui-ci dans des régions susceptibles de fournir instantanément de grandes charges électriques ; alors la décharge redeviendra disruptive, l'éclair en boule se terminant par un coup de tonnerre. Si le canal de décharge est ramifié près du point où se trouve l'éclair en boule, celui-ci paraîtra lancer, en explosant, autant d'éclairs qu'il y a de ramifications du canal de décharge en ce point.

C. de Jans remarque ⁽¹⁾ que l'éclair final paraît exister dans de nombreux cas et que Sir Snow Harris, du Moncel, Varley et Planté avaient déjà attribué à cet éclair final l'explosion des éclairs en

1 C. DE JANS, *loc. cit.*, p. 41, en note.

boule. Nous remarquerons, à notre tour, que ces derniers auteurs confondaient la cause et l'effet, car, dans l'explosion finale, le phénomène lumineux résulte de l'explosion, dont il est l'effet et non la cause.

A côté des faits qu'elle explique plus ou moins laborieusement, il y a des choses que la théorie de Toepler n'explique pas du tout et que C. de Jans a passées en revue. En particulier, il lui faudrait expliquer : la persistance singulièrement douteuse du canal de décharge dans le cas des éclairs en boule qui durent 8 ou 10 minutes, leur mouvement rotatoire ou tourbillonnaire, leur marche à l'encontre du vent, ainsi que certains faits déconcertants comme l'apport de matière pondérable par certaines foudres globulaires.

Il nous paraît inutile d'insister davantage. La seule chose à retenir de tout ce qui précède, c'est que, *pour la première fois*, la théorie de Toepler a rattaché les particularités les plus importantes de la foudre globulaire à une cause unique qui semblait reposer sur des expériences de laboratoire (décharge électrique quasi continue attribuable à la constitution même de l'air et des électrodes nuageuses).

Au point de vue de l'histoire des idées et des théories, la théorie de Toepler méritait les efforts très considérables qu'a tentés C. de Jans pour la mettre en évidence et la justifier.

II. ELASTICITÉ ET TENSION SUPERFICIELLE.

4. Formes de transition de la matière fulminante en mouvement. — Nous avons vu dans un précédent mémoire ⁽¹⁾ que la forme véritablement sphérique est elle-même exceptionnelle parce que, fût-elle réalisée à l'état de repos, l'état de mouvement du globe fulminant *ovalise* la surface extérieure de celui-ci, la sphère devenant un ellipsoïde de révolution ou un œuf. Voici quelques exemples significatifs.

1. E. MATHIAS, *La matière fulminante* (Ann. des P. T. T., juillet 1928), § 9, p. 555.

a) Globe de la rue Saint-Jacques, étudié par Babinet (1) :

...Arrivé à la hauteur d'environ un mètre au dessus du pavé, le globe de feu *s'allongea un peu* et se dirigea obliquement vers un trou percé dans la cheminée, environ à un mètre au dessus de la tablette supérieure de cette cheminée...

b) Cas des trois éclairs en boule observés au sommet du puy de Dôme par la famille Heynard en 1916, le 15 avril :

...Le garçon du sommet, Antoine Heynard, qui à ce moment (18^h20) avait le regard tourné vers la fenêtre, c'est-à-dire vers le sud, vit un éclair qui se présenta sous la forme d'une boule de feu d'un contour un peu flou, puis *s'ovalisa dans le sens horizontal* et éclata en lançant des « langues de feu » dans toutes les directions.

Vers 12^h30 et 12^h50, deux autres éclairs se produisirent ; ils avaient la forme du premier, prirent également la forme ovale en s'allongeant dans le sens horizontal, puis éclatèrent...

Le sens horizontal dans la direction de laquelle les trois éclairs sphériques observés s'ovalisèrent est celui du vent qui régnait alors au sommet du puy de Dôme (2).

c) Le 5 juillet 1883, dans le village de Malma, voisin d'Upsala, un tailleur, vers 1^h30 de l'après-midi, vit un globe de feu qui descendait des nuages et allait vers la fenêtre d'une maison. C'était la fenêtre de la cuisine et le globe s'introduisit par une fissure. *Il avait la forme d'un œuf couleur d'or*, long de 50^{cm}, et descendait sans toucher le pavé. « *Cet œuf d'or s'avança lentement, le gros bout en avant, à travers la cuisine jusque dans le vestibule...* » (3).

d) Lettre de M. Steinmein à Arago au sujet d'une observation de tonnerre en boule faite à Altona, en 1826 :

...Mon ami le docteur Van der Smissen se promenait dans son salon, lorsqu'un coup de foudre se fit entendre : à ce moment même, une masse ignée apparut sur le plancher de la chambre, courut *en forme de balle ovale*, de la dimension d'un œuf de poule, près de la muraille, le long de la planche, qui avait un enduit de vernis, comme c'est l'ordinaire dans notre ville. *La balle courait vers la porte avec la vitesse d'une souris...* (4)

1. E. MATHIAS, *La matière fulminante* (suite) (*Ann. des P.T.T.*, 1929), § 122, p. 736-737.

2. E. MATHIAS, *Ann. de Phys.* (95, 5, 1916, p. 365).

3. *La Nature*, 1884, 1^{er} semestre, p. 302.

4. F. ARAGO, *Œuvres complètes*, 2^e édition, *Notices scientifiques*, t. I, p. 48-49. Paris, Legrand, Pomey et Crouzet, libraires-éditeurs.

e) Le premier jour de juin 1886, un grenier couvert de tuiles fut incendié par la foudre à Grand-Spauwen, en Belgique. « Un témoin a observé qu'au moment où la foudre frappait la grange, elle affectait la forme d'une *boule ovale*. »

f) Le 2 septembre 1886, à Villers-le-Peuplier, sur le faite d'une maison qui fut pareillement incendiée, on vit « une *boule de feu ovale*, d'une grosseur de 15^{cm} environ, tourner quelques instants sur elle-même » (1).

g) Extrait des journaux publiés à Paris, le samedi 19 août 1876 :

Presque au même instant, la foudre frappait la maison n° 99, rue d'Assas. Le fluide, *sous forme ovoïde*, a démoli le pignon ouest de la maison et l'a projeté à une grande distance dans les jardins environnants. Les éclats de pierre de la corniche, en retombant sur le balcon du cinquième étage, faisaient jaillir des milliers d'étincelles. Le zinc dont était garni le pignon a été découpé comme à l'emporte-pièce (2).

Les exemples suivants ont de l'intérêt en ce sens que la matière fulminante prend une forme de révolution autour de la direction de son mouvement, cette forme n'étant plus celle d'un ellipsoïde allongé ou d'un œuf, mais celle d'un *vase allongé*.

h) En 415, le prêtre Luciano avait découvert dans les environs de Jérusalem le squelette du protomartyr saint Etienne, et une partie des reliques fut envoyée à Minorque, où elles excitèrent une vénération enthousiaste et induisirent le clergé à travailler sans cesse pour la conversion des Juifs. L'évêque Severus, dans une longue lettre circulaire à toute l'Église occidentale et orientale, raconte que, au jour anniversaire de la délivrance de la servitude d'Égypte, un peuple nombreux avait rempli la basilique, peu éloignée de la ville, pour assister à la messe solennelle retardée jusqu'à la nuit par le grand nombre de juifs qu'on devait convertir. Après une très faible tempête de grêle, un homme honorable, du nom de Julius, allant à l'église avec une autre personne de la ville, fut témoin, près de la basilique, d'un prodige qui, sur le moment, lui enleva l'usage de la parole. C'était un certain globe, d'une lumière très blanche,

1. F. EVRARD, *Troisième note sur les observations des coups de foudre en Belgique*. Les exemples e) et f) y sont relatés respectivement à la planche II des coups de foudre, et p. 48 de la brochure.

2. G. PLANTÉ, *loc. cit.*, p. 64, en note.

dont la longueur égalait environ la taille d'un homme, *semblable à ces vases que le vulgaire appelle orca* (vase à gros ventre et à goulot étroit), d'une telle luminosité et d'un tel éclat qu'il sembla que c'était le soleil qui tombait d'une chute lente à travers la basilique.

L'apparition, au mois de mars 1118, de la foudre globulaire précédente est le phénomène le plus antique dont le professeur Galli ait trouvé l'observation directe avec une précision suffisante des circonstances ⁽¹⁾.

i) Une soirée de septembre 1893, le professeur Oza Gluntini et trois de ses amis étaient assis à une table ronde au rez-de-chaussée d'une maison de campagne, proche de Casarano, dans la province de Lecce. Vers 7^h, survient un orage avec pluie diluvienne et grêle. Alors, descend du grenier un gros globe *en forme d'amphore*, haut de 25 ou 30^{cm}, vert, resplendissant, bandé de rouge et de jaune à la partie supérieure ; il fait deux ou trois révolutions autour du groupe des quatre amis, se raccourcissant et se réduisant à une forme quasi sphérique, et ensuite sort par la fenêtre ouverte ... ⁽²⁾.

Les observatoires de grande altitude, comme l'observatoire Janssen, tout entier construit dans la glace du Mont Blanc, sont fréquemment visités par la foudre globulaire :

j) En 1902, le guide Antoine Tournier « vit dans l'observatoire la foudre globulaire sous la forme d'une *boule de feu grosse comme un œuf de pigeon allongé*, se promenant assez lentement, revenant en arrière et éclatant : un homme reçut une forte secousse. » ⁽³⁾.

k) Le 8 juin 1859, le petit clocher du chœur de l'église d'Argenteuil fut foudroyé : un *globe allongé* descendait dans l'église et, le pavé à peine touché, la remplissait d'étincelles et d'une dense vapeur sulfureuse ⁽⁴⁾.

l) Dans l'après-midi du 19 avril 1886, à Hirschberg, la femme d'un machiniste et son fils regardaient l'orage de deux fenêtres du troisième étage. Tous les deux virent un *globe éblouissant de couleur*

1. I. GALLI, *I principali caratteri dei fulmini globulari*, § 19, p. 38-39.

2. I. GALLI, *I principali caratteri*, etc..., § 30, p. 57.

3. H. VALLOT, *Sur la protection contre la foudre des observatoires de grande altitude* (*Cosmos* 16 décembre 1911), p. 692-693.

4. *Cosmos*, t. 21, 1859, p. 672.

jaune, grand comme une boule à jouer. Il s'avancait plutôt lentement, avec un bruit semblable à celui d'une bannière qui flotte. Il suivit ensuite les fils du télégraphe et descendit sur la place ; mais il remonta aussitôt, plus vite et plus haut qu'auparavant, *et s'allongea presque horizontalement en passant sur l'édifice élevé du gymnase*, distant d'environ 250 mètres ⁽¹⁾.

m) Dans l'après-midi du 5 mai 1861, à Vegesack, près Brême, le ciel était couvert seulement en partie et il n'avait pas plu. Cependant, à 3^h45 après midi, *un globe de feu alla sur le parajoudre de la cheminée*, et, après avoir coupé le conducteur, se divisa en deux globes. L'un de ceux-ci, entra dans la grande salle des chaudières, passa sous l'une d'elles en en répandant le feu et étourdit le chauffeur. Ensuite, *allongé en forme de serpent*, comme dans les autres cas, il passa par la loge du portier... ⁽²⁾.

Cette observation a déjà été discutée dans un mémoire précédent ⁽³⁾ en se plaçant à un autre point de vue.

n) Le 24 août 1842, à 10 heures du matin, au milieu d'un violent orage avec torrents de pluie, la foudre tomba dans la ville d'Ille, sur l'habitation d'un serrurier-mécanicien. Un de ses rayons pénétra dans un atelier, au rez-de-chaussée, où un ouvrier la vit apparaître sous la forme d'un globe enflammé, semblable à la lune lorsqu'elle est rouge. Pendant que la foudre exerçait ses ravages sur cette maison, *un globe de feu d'environ 20^{cm} de diamètre tomba sur le pavé de la rue, et fila ensuite sous la forme d'une barre enflammée...* ⁽⁴⁾.

o) Comme exemple de changement de forme de la matière fulminante en mouvement, on peut se reporter à l'exemple b) de la page 717 du précédent mémoire, dans lequel, après divers avatars au cours desquels elle passe par un petit pertuis entre un mur et un lambris, arrive dans une cuisine *en forme de verge rougie au feu*, s'arrête un peu sur le pavé, s'élance contre une dame, tourne plusieurs fois autour de ses jambes en se tordant comme un serpent,

1. *Meteor. Zeitschr.*, novembre 1886, p. .

2. *Meteor. Zeitschr.*, 1895 : SAUTER, Ueber Kugelblitze, p. 243.

3. E. MATHIAS, *La matière fulminante* (suite) (*Ann. des P. T. T.*, 1929), § 19, p. 731.

4. F. SIESTER, *loc. cit.*, t. I, p. 139.

la frappe au sommet de l'occiput et s'enfuit par l'ouverture de la cheminée.

p) M. T. Kerkhoff fait le récit suivant : Un jour de l'été de 1874, après une longue sécheresse, il voyageait dans la Frise, d'Emden à Auriel, et, s'étant arrêté à Georgsneil avec les autres voyageurs, il alla sous le hangar de l'hôtellerie regarder un orage très restreint, duquel tombait une pluie assez dense pour ressembler à un mur blanc interposé entre lui et la campagne, illuminée par le soleil, quand voici qu'apparut un *serpent lumineux* qui, de peu de hauteur, *descendait verticalement et lentement* vers la partie supérieure du poteau télégraphique voisin, s'arrêta à environ un mètre au dessus de lui, *prit la forme de globe* avec un diamètre de 30 à 35^m, et éclata comme une canonnade, en répandant de nombreuses étincelles sans nullement endommager le poteau ni les fils télégraphiques (*Das Wetter*, 1913, p. 286-287 (1)).

Le serpent lumineux est bien ici une forme de transition de la matière fulminante. L'augmentation de la tension superficielle nécessaire pour passer de la forme serpentine à la forme sphérique est donnée par le refroidissement. Quoiqu'il s'agisse d'une forme descendante, tandis que le *serpent des météores* de P. van Musschenbroek est une foudre ascendante, la transformation de la matière fulminante est la même et résulte d'une cause identique. Il conviendrait donc de joindre à la longue liste des exemples déjà cités la belle observation du physicien de Leyde (2).

q) Notice de M. Mario Villard : Vers 9^h de l'après-midi, le 19 août 1820, entre Lyon et Grenoble, apparut à grande hauteur dans l'air un *serpent de feu* qui semblait long de 80 toises (160 mètres). Il resta immobile environ deux minutes ; après, il disparut sans aucun bruit, *laissant à sa place de très nombreux globes lumineux d'une admirable transparence* (3).

Remarque. — Dans tous les exemples qui précèdent, la matière

1. I. GALLI, *Effetto dei fulmini globulari sull' uomo e sugli animali*, § 6, p. 11-12. (Estrato dalle *Mem. d. Pont. Acc. Ram. d. Nusvi Lincei*, t. 32, 1911).

2. E. MATHIAS, *La matière fulminante* (loc. cit.), p. 551-552.

3. F. MATHIAS, *La matière fulminante* (loc. cit.), p. 532.

fulminante prend une forme de *carène*, s'adaptant le mieux possible à une résistance minimum de l'air : forme ovoïde (ellipsoïde de révolution allongé, œuf se mouvant le gros bout en avant), forme serpentine, dans la direction du mouvement, qualifiée quelquefois de *barre*, de *poudre enflammée*. Il nous reste à considérer une dernière forme, qui est celle de *larmes* tombant verticalement, le gros bout, presque sphérique en avant et en bas, l'arrière conique avec la pointe en haut. Il est à peine besoin de faire remarquer que cette dernière forme résulte d'une légère déformation de la forme d'œuf marchant le gros bout en avant.

Nous donnons ci-après, d'après le professeur Galli, la curieuse relation que lui a adressée un témoin oculaire ⁽¹⁾.

r) En novembre 1864, la famille de l'ingénieur Mario Ferranti demeurait à San-Giorgio-di-Piano, grande bourgade éloignée de Bologne de 16^{km} et à 18^m au dessus du niveau de la mer.

Vers 11^h d'une matinée nébuleuse et obscure, le témoin, alors adolescent, regardait les éclairs qui frétilaient parmi les nuées, en se tenant derrière les vitres d'une fenêtre du premier étage, face à l'ouest, sur une cour longue d'environ 5 mètres et large de quatre. Au rez-de-chaussée, et sur le côté opposé de la cour, était, à gauche, la porte fermée de la cave, à droite, la porte du laboratoire d'une pharmacie, avec châssis vitré et serrure automatique, et, dans un angle voisin, le puits. Après un petit nombre de minutes, il vit descendre lentement à sa gauche une espèce de *grosses gouttes lumineuses*, qui se faisaient toujours plus abondantes, et rapidement remplirent pendant au moins 3 ou 4 secondes toute la cour en illuminant aussi les maisons. Elles disparurent avec un éclair très fort, vu de tous les paysans, et avec un tonnerre immédiat, profond et court, mais faible, suivi d'une averse copieuse.

La forme et la grandeur des gouttes sont représentées avec beaucoup d'approximation par la figure 1.

A la partie inférieure et ovale, la lumière était rouge et sombre, comme celle d'un fer rouge, mais au dessus elle s'éclaircissait et vers la pointe flamboyait vivement. Sur le plan vertical plus proche de l'observateur et vers la gauche la distance horizontale entre les gouttes était de 20 à 25^{cm}; la distance entre deux gouttes



Fig. 1.

1. I. GALLI, *Osservazione inedita e rare di lampi e fulminazioni*, § 17, p. 50-52 (Estrato dalle *Mem. d. Pont. Acc. Rom. d. N. Lincei*, serie II, t. 3, 1918).

superposées était un peu plus grande ; à droite, elles tombaient moins serrées. Quand toute la largeur de la cour en fut pleine, elles semblaient dans l'ensemble aussi serrées.

En tenant compte de la densité moindre sur la droite, un mètre cube d'air en devait contenir au moins une trentaine. A cause de cela, sur le pavé de la cour, qui est d'environ 20 mètres carrés, et jusqu'à l'altitude de 10 mètres, devaient à tout instant se trouver à peu près 6.000 de ces gouttes lumineuses : à la vitesse minimum d'un mètre par seconde et pour la durée de 3 secondes, le nombre total monterait à 18.000 ; mais certainement la chute des gouttes lumineuses commençait à une hauteur beaucoup plus grande.

M. Ferranti sut après coup que, dans le même moment, une foudre avait troué, à environ 1 m,60 du seuil et sur deux points, la porte de la cave, et que, en trouant aussi le mur à environ un mètre et demi de la même porte, elle était entrée dans le laboratoire, où elle déplaça les alambics et les cornues de cuivre, sauta de là à la pompe du puits en crevant le tuyau de plomb, et de là, s'était précipitée dans l'eau.

Cette relation est extrêmement précieuse parce qu'elle donne une vraie et claire image d'un phénomène très rare, et qu'on n'avait jamais décrit avec autant de précision.

Plusieurs des gouttes lumineuses se réunirent-elles pour former une ou plusieurs foudres globulaires qui trouèrent la porte de la cave et le mur du laboratoire ? il n'est pas possible de répondre à cette question.

Remarquons, à propos de cette relation, que la partie inférieure et quasi sphérique des gouttes, étant refroidie constamment par l'air frais qu'elles rencontrent en tombant, est rouge sombre, tandis que les parties de la matière fulminante qui sont à un niveau plus élevé, n'étant que peu refroidies par l'air déjà réchauffé au contact de la partie inférieure des gouttes, cèdent de moins en moins de chaleur à mesure que le niveau est plus élevé. La température des points de la surface extérieure des gouttes s'élève donc constamment à mesure qu'on se rapproche de la pointe ; il n'est donc pas étonnant que celle-ci soit au rouge blanc lorsque le fond est au rouge sombre.

Il serait facile d'attaquer le calcul un peu fantaisiste des gouttes lumineuses fait par le professeur Galli ; nous n'insisterons pas.

Un autre exemple de matière fulminante en forme de gouttes lumineuses est donné par la relation suivante, malheureusement très incomplète, car il n'y a pas de détail sur la forme des gouttes.

s) Vers 21^h du 17 août 1895, l'étudiant Völkl et le professeur Ebert virent à Hirschberg, dans la Silésie, un éclair commun, pas trop vif, qui, en disparaissant, laissa dans l'air un globe de feu. Le globe demeura au même endroit pendant environ deux secondes. Au commencement, il lançait des éclairs dans toutes les directions ;

ensuite, il en tomba des gouttes *lumineuses*, comme du métal fondu et embrasé, avec un tonnerre très fort; mais les arbres empêchèrent de voir si les gouttes atteignirent ou non la terre (1).

1) L'abbé de l'Anion se trouvant près de Saint-Aubin, en Bretagne, le 17 novembre 1864, vers 10^h du matin, vit *une flamme en forme de larme, grosse comme la main*, qui descendait du ciel assez lentement pendant l'espace de sept à huit minutes. *Elle paraissait un peu bleue*; sa queue jetait des espèces d'étincelles et elle était opposée au Soleil (2).

La foudre paraissait bleu pâle, parce qu'elle était éclairée par le soleil et en pleine lumière; sa matière fulminante, souillée par du soufre, contenait aussi du noir de fumée, comme le prouvent les étincelles qui s'échappaient de sa partie supérieure.

5. Phénomènes de rebondissement. — Ces phénomènes, étaient connus des savants de la Renaissance. Albert le Grand, le savant évêque de Ratisbonne dit, en effet, des globes fulminants qu'ils rebondissent comme des corps élastiques, qu'ils passent par des trous très petits et que, quelquefois, ils se meuvent très lentement (3).

Nous avons vu dans le mémoire précédent (4) l'explication très simple du rebondissement. Nous n'y reviendrons pas et nous nous bornerons à établir la réalité du phénomène par de nombreux exemples.

a) Le soir du 2 octobre 1910, pendant qu'à Paris il éclairait et tonnait au loin, on vit descendre obliquement une balle lumineuse qui alla tomber rue Linné, à deux pas du n° 5, comme le raconte M^{me} Dobelmann, qui s'exprime ainsi : « Là, tombant sur le trottoir, elle alla rebondir à 1^m,50 de hauteur environ, en grandes flammes qui étaient surmontées d'une ou deux boules de feu : le tout disparut

1. *Meteor. Zeitschr.*, janvier 1896.

2. F. SESTIER, *loc. cit.* t. I, p. 204.

3. *Beati Alberti Magni, Ratisbonensis episcopi Operum*, t. II, p. 403, Lugdini, 1651. I. GALLI, *I principali caratteri*, etc., § 1, p. 6.

4. E. MATHEAS, *La matière fulminante* (suite) (*Ann. des P.T.T.*, 1929), § 14, p. 715.

en quelques secondes sans laisser la moindre trace sur le trottoir... »⁽¹⁾

Il semble que le choc ait partagé le globe primitif en deux autres, qui ont rebondi l'un et l'autre par dessus les flammes dont il est question dans la relation précédente.

b) Après que le roi Philippe V fut entré à Madrid, la foudre, sous la forme d'un globe de la grandeur d'une tête humaine, tomba dans le temple ; ce globe, le toit étant percé, se partagea en deux parties : l'une vagua dans le temple avec grand bruit ; l'autre partie s'était divisée en *petites parties sautillantes* qui, à la fin, s'évanouirent »⁽²⁾.

c) Dans la nuit du 23 au 24 février 1740, on vit, vers la rade de Toulon, un globe de feu *violet*, qui s'était élevé peu à peu, *parut plonger ensuite dans la mer, d'où il se releva comme une bulle qui ricocherait*. Après être parvenu à une grande hauteur, il creva et répandit plusieurs boules de feu, dont les unes parurent tomber dans la mer et les autres sur les montagnes voisines. Le bruit qu'il fit en crevant fut semblable à celui du plus violent tonnerre ; toutefois, comme il dura peu, il ressembla davantage à celui d'une bombe. Tel fut le rapport fait à M. le marquis de Caumont par des témoins oculaires⁽³⁾.

d) Sept personnes étaient réunies dans un salon, au rez-de-chaussée d'une maison de campagne près de Marseille, lorsque, pendant un violent orage, elles virent entrer la foudre sous la forme d'un globe de feu du diamètre d'une assiette. Le météore se dirigea sur une jeune fille de 18 ans qui, frappée de terreur, s'était jetée à genoux, l'atteignit aux pieds, puis *rebondit jusqu'au plafond* et se mut ainsi trois ou quatre fois avec une sorte de régularité, *en frappant alternativement le plafond et les pieds de la jeune fille...*⁽⁴⁾.

e) M. Edouard Collomb, vice-président de la Société de géologie de Paris, a vu une boule descendre lentement du ciel sur la terre en suivant l'écorce d'un peuplier. Elle eut besoin de cinq à six

1. *L'Astronomie*, 1911, p. 262.

2. P. VAN MUSSECHENBROCK, *Introductio ad Philosophica naturalem*, t. II p. 57. I. GALLI, *I principali caratteri*, etc..., *loc. cit.*, § 14, p. 29-30.

3. *Histoire de l'Académie des Sciences*, 1740, p. 13.

4. F. SESTIER, *loc. cit.*, t. I, p. 123.

longues minutes pour parvenir jusqu'à la base, comme si elle ne pouvait vaincre la résistance de l'air ; mais *elle choqua le sol* ; rapide comme l'éclair, *elle rebondit et disparut sans avoir éclaté* (1).

Le globe n'éclate pas parce qu'il s'est déchargé peu à peu tout le long du peuplier et aussi en touchant le sol. Il n'y a donc pas que les globes électrisés qui rebondissent.

f) Le soir du 17 mai 1875, une foudre tomba sur le clocher de Ligueil et endommagea l'horloge. « Là, on a encore constaté l'apparition de plusieurs petits globes de feu rebondissant sur le sol » (2).

g) Dans un appartement du second étage, habité par la famille Campodonico, un globe rouge de 15^{cm} descendit des fils du téléphone, *rebondit et frappa plusieurs fois, au moins pendant cinq ou six secondes, sur le pavé et sur la paroi du corridor*, et finalement sauta dans une chambre à coucher *avec la fenêtre fermée*, comme toutes les autres, et y disparut sans laisser aucune trace.

Le contact prolongé avec le passé et la paroi du corridor a complètement déchargé le globe, qui disparaît sans bruit en passant auparavant par les interstices de la fenêtre fermée de la chambre à coucher (3).

h) Le soir du 7 juillet 1886, avec un grand éclair rouge et un tonnerre épouvantable, un globe de 30 à 40^{cm} tombait sur l'angle droit d'un toit à Gray, ouvrant à la manière d'un balai (?) et réduisant en petits morceaux la partie supérieure de la poutre maîtresse. De là, elle rebondit et retombe sur l'avent d'un petit escalier extérieur, etc... (4).

i) M. Mermet, rue du Pré, a vu trois boules de feu descendre derrière sa maison, dans une cour intérieure. Deux ont gardé un mouvement lent à quelque distance du sol. La troisième s'est abattue sur une barre de fer que le vent venait de projeter sur le mur, un peu au dessus d'une fenêtre. Puis *elle a rebondi sur le sol* et a marché à la surface de la terre l'espace de quelques mètres, etc... (Récit de

1. W. DE FONTVIELLE, *Eclairs et tonnerres*, 3^e édition, Paris, 1874, p. 23.

2. *Bulletin hebdomadaire de l'Association scientifique de France*, t. 16, p. 174.

3. I. GALLI, Note 14, Foudres globulaires de l'année 1915. *Atti d. Pont. Acc. Rom. d. N. Lincei*, 69^e année, 2^e session, du 16 janvier 1916.

4. *L'Astronomie*, 1886, p. 431.

M. Cadenat, professeur de physique au collège de Saint-Claude, à l'occasion de l'ouragan du 19 août 1890) (1).

Remarque. — Le partage d'un globe fulminant en deux ou trois autres peut se produire sous l'influence de deux causes différentes, bien que, dans les deux cas, cette transformation ait pour but d'*augmenter la stabilité du système*.

La cause en peut être *mécanique* (un choc, par exemple), la tension superficielle demeurant constante et la matière fulminante inaltérée ; il peut arriver aussi que la stabilité d'une sphère donnée ait diminué parce que l'absorption superficielle d'impuretés métalliques ou autres par la matière fulminante a diminué fortement sa tension superficielle, auquel cas la cause est d'ordre *chimique*.

Définissons d'abord la *stabilité* d'un système soumis à des actions capillaires, la tension superficielle étant A . L'énergie nécessaire pour créer la surface extérieure S de la matière fulminante, supposée à température constante, est AS , donc proportionnelle à S . Comme la sphère est une surface minimum, toute déformation de la sphère correspondra à un accroissement de S , donc à un accroissement de la stabilité au sens où nous l'entendons.

Supposons, par exemple, le partage d'un foudre sphérique de rayon R en n autres de rayon r ; on a :

$$R^3 = n r^3, \quad S = 4\pi R^2, \quad S' = n 4\pi r^2, \quad \frac{S'}{S} = n \left(\frac{r}{R}\right)^2 = n^{1/3} > 1,$$

n	2	3	4	5	6	7	8
S'/S	1,26	1,46	1,68	1,71	1,81	1,91	2

Au lieu de chercher des raisons théoriques, nous aurions pu tout simplement donner des raisons d'ordre expérimental.

Reportons-nous, par exemple, aux expériences classiques de J. Plateau relatives à l'équilibre des sphères d'huile d'olive dans un mélange d'eau distillée et d'alcool éthylique. L'expérience montre que les gouttes d'huiles se transforment aussitôt en petites sphères très stables, que l'on peut agiter, piquer, avec des fils de fer, sans arriver à les rompre.

Au contraire, il est difficile de réaliser des sphères un peu grosses

1. C. R. t. 111, 1890, p. 494-495.

par fusion deux à deux de deux sphères plus petites. Lorsque le rayon dépasse 1 ou 2 centimètres, les sphères se partagent sous l'influence d'un choc d'autant plus petit que le rayon est plus grand. En particulier, Plateau a pu, avec d'innombrables précautions, réaliser des sphères ayant 14 centimètres de diamètre; mais il n'a jamais pu aller plus loin ⁽¹⁾.

On peut invoquer une expérience encore plus banale mais très saisissante. Quand on agite doucement, par des secousses verticales alternatives, un *flacon des quatre éléments*, on voit se former de gros sphérules de mercure entourés d'huile qui se défont instantanément ou presque si les secousses sont douces et espacées : si, au contraire, les secousses sont fortes et fréquentes, la grosseur des sphérules de mercure diminue de plus en plus, mais ils persistent de plus en plus longtemps.

Il n'est que juste de remarquer que, sans avoir la notion de la tension superficielle de la matière fulminante, le professeur Galli a exprimé une idée très voisine de la nôtre lorsqu'il a dit : « Il n'est pas toujours possible de séparer les effets mécaniques de ceux des autres espèces, parce qu'un effet peut sembler complètement mécanique et être, au contraire, la conséquence nécessaire d'une altération partielle, ou d'une composition hétérogène et défectueuse, ou du contact avec les autres corps, ou de la structure variée et de la disposition qu'ont les tissus dans le bois... » ⁽²⁾.

6. Partage d'un globe en plusieurs autres, à tension superficielle constante, sous l'influence d'un choc ou d'un rebondissement.

a) Le 24 août 1895, vers 10^h du matin, pendant l'orage et la pluie, plusieurs personnes virent descendre du ciel un globe de couleur blanchâtre, ayant à peu près deux centimètres de diamètre, qui, *ayant bondi sur le sol, se divisa en deux autres globes plus petits*. Ces deux globes s'élevèrent dans l'air jusqu'à la hauteur de deux cheminées contiguës, appartenant à deux maisons voisines, et disparurent. L'un des globes était descendu par une cheminée; il

1. J. PLATEAU, *Statique expérimentale et théorique des liquides soumis aux seules forces moléculaires*, t. I, p. 11. Paris, Gauthier-Villars, 1873.

2. I. GALLI, *Gli effetti meccanici dei fulmini globulari*, § 15, p. 38 (Estratto dalle *Mém. d. Pont. Acc. Rom. d. N. Lincei*, t. 29, 1911).

traversa une salle dans laquelle se trouvaient un homme et un enfant, sans leur faire aucun mal, et, à leurs pieds, pénétra dans le plancher, etc.

Dans la maison voisine, un globe de feu, le deuxième, était descendu par la cheminée et avait fait explosion dans la cuisine en causant de grands dégâts (*).

b) Un coup de foudre endommagea fortement une maison de Darking (Surrey), le 16 juillet 1750. Tous les témoins de l'événement déclarèrent qu'ils avaient vu dans l'air de *grosses boules de feu* (large balls of fire) autour de la maison foudroyée. *En arrivant à terre ou sur les toits des maisons, ces boules se partagèrent en un nombre prodigieux de parties*, qui se dispersèrent dans toutes les directions (*).

Comme c'est en arrivant par terre ou sur les toits que le partage eut lieu, il faut admettre que la vitesse était très grande et le choc très violent.

c) Un orage extrêmement furieux, avec pluie diluvienne, épouvanta toute Rome, la soirée du 25 septembre 1915. Vers 19^h, 15, après un éclair et un tonnerre sec, très forts et simultanés, une masse *lumineuse et ronde*, d'environ 50^m, tomba dans la rue et *s'éparpilla en parcelles innombrables* sur le sol inondé (*).

7. Phénomènes produits par la diminution de la tension superficielle A de la matière fulminante résultant de l'absorption superficielle de matières étrangères. — Quand la température baisse, A augmente ; si donc, *au bout de quelque temps*, il y a partage d'un globe en plusieurs autres, c'est que, toutes choses égales d'ailleurs, l'absorption d'impuretés diminuant A a plus que compensé l'augmentation de A provenant de l'abaissement de la température.

Il semble bien que l'absorption du fer et du soufre diminue A et qu'alors le partage de la sphère primitive en plusieurs autres suive immédiatement l'absorption superficielle de l'impureté. Les exemples suivants paraissent bien le démontrer dans le cas de l'attaque d'objets en fer par la matière fulminante.

1. CAMILLE FLAMMARION, *Les phénomènes de la foudre*. loc. cit., p. 196.

2. F. ARAGO, loc. cit., p. 40.

3. I. GALLI, *Supplemento alla Storia, ai caratteri e agli effetti del fulmine globulare*, § 18, p. 54 (Estratto dalle *M. d. P. Acc. Rom. e. N. Lincei*, série I, t. 2, 1916).

a) La relation est du père Secchi :

Très curieux est le fait arrivé à Piperno, où, dans la tempête du 28 septembre (1862), fut foudroyée la maison du sieur Fasci, comme il était, me dit-il, allant du deuxième au troisième étage. En pareille occasion, on vit sur la place un globe de feu marcher en tournoyant tout autour et s'arrêter quelque instant sur la pointe de la canne de l'ombrelle d'un homme, d'où il s'élança, *se divisant en deux ou trois globes moindres*, vers les maisons de la place, et le principal de ces globes envahit celle du sieur Fasci, trouant en beaucoup d'endroits la conduite des gouttières et faisant d'autres dommages (1).

L'attaque de la garniture de fer qui termine la pointe d'une ombrelle est évidente dans cet exemple.

b) A Grenoble, le soir du 2 octobre 1895, il pleuvait sans éclairs et sans tonnerre, et le sieur Mattiétal fit ces observations :

Vers 8 heures, m'étant approché de la fenêtre, je vis subitement apparaître *une grosse boule de feu à l'extrémité d'une tige de fer placée au sommet d'une maison voisine pour supporter des fils téléphoniques*. Comme je n'en étais séparé que de la largeur d'une place, soit d'environ 100 mètres, je pus observer très distinctement le phénomène. Cette boule, dont le contour apparent était nettement défini, malgré les radiations lumineuses, pouvait avoir 0^m,30 de diamètre. Elle avait l'éclat et l'aspect d'un puissant foyer électrique... Après un temps que j'évalue à 40 ou 50 secondes, *la boule de feu se divisa tout-à-coup en trois autres plus petites*, de la grosseur de ces ballons d'enfant que l'on vend dans les rues... (2)

L'attaque de la tige de fer par la matière fulminante est évidente comme dans le cas précédent. Voici encore un cas semblable.

c) Dans l'après-midi du 5 mai 1861, à Vegesack, près Brême, le ciel était couvert seulement en partie, et il n'avait pas plu. Cependant, à 3^h,45 après midi, *un globe de feu alla sur le parafoudre de la cheminée*, plus haute dans une fabrique industrielle... *En descendant par le conducteur, il le coupa à environ 5 mètres du sol et se divisa en deux globes*.

A peine le globe primitif a-t-il fondu le fer du conducteur, que, la tension superficielle ayant diminué, le globe se partage en deux. Le reste de l'histoire des fragments est d'ailleurs édifiant quand on se place au même point de vue (3).

d) Le 16 juillet 1904, un violent orage a éclaté sur la ville d'Autun ; sa durée a été de 30 minutes ; la foudre est tombée sur plusieurs points de la ville.

1. I. GALLI, *I principali caratteri*, etc., loc. cit., § 11, p. 24.

2. *La Nature*, 2^e semestre, 1895, p. 407.

3. E. MATHIAS, *La matière fulminante* (suite) (loc. cit.), § 10, exemple c), p. 731-732.

L'orage s'est terminé par un coup de foudre globulaire éclatant avec un grand fracas et un coup sans roulement. M. Roche m'a adressé les détails suivants sur ce phénomène : (1)

« La boule de feu a été vue en trois endroits différents sur un parcours de six cents mètres ; elle a manifesté ses bizarreries dans quinze parties différentes de la ville : sonnettes électriques mises en mouvement, appartements paraissant remplis de flammes ; trois gros corps de cheminées rasés, distants du point de départ de cent, trois cents, quatre cent cinquante mètres ; visite dans plusieurs appartements et magasins ; plusieurs personnes déplacées ou ayant éprouvé des chocs, l'une sur le nez, une autre au bras ; une élève dans la classe d'anglais au collège eut le bras paralysé pendant une heure ; tous ont ressenti un fourmillement désagréable ; un autre eut une grave coupure au poignet ; ampoule de lampe électrique brisée ; portes sorties des gonds ; tampon de cave jeté dans la rue ; etc. *A mi-chemin, la boule s'était divisée.*

Une observation mérite d'être signalée ; à trente mètres de son point de départ, la foudre en boule a causé une très forte commotion sur le bâtiment de la sous-préfecture, surmonté d'un paratonnerre, qui a été vérifié et reconnu en parfait état. *Le paratonnerre a été sans action sur la foudre globulaire.*

A 30 mètres de son point de départ, la matière fulminante s'est salie sur le paratonnerre de la sous-préfecture ; sa tension superficielle a diminué et elle s'est partagée en deux par la suite. Quant à l'absence d'action du paratonnerre en question sur le foudre globulaire, nous l'avons expliquée tout au long dans le mémoire précédent (2).

8. Etude des foudres serpentine. — La diminution de la tension superficielle *A* de la matière fulminante a, pour premier résultat, la diminution de la stabilité, qui est maximum, toutes choses égales d'ailleurs, dans la forme sphérique. Cette dernière forme, devenue instable, réacquiert de la stabilité en diminuant son rayon et en se partageant en globes plus petits.

Mais on conçoit que la diminution du rayon puisse n'être pas suffisante pour assurer la stabilité de la matière fulminante ; alors la sphère se transforme en cylindre terminé par deux hémisphères. En chaque point de la partie latérale, des deux rayons de courbures principaux, qui étaient égaux primitivement, l'un est devenu infini. Lorsque le rayon fini est une petite fraction de la longueur du cylindre, on a une *forme serpentine*. La forme serpentine dont il est question ici est une *forme stable* et non pas simplement une

1. CAMILLE FLAMMARION, *loc. cit.*, p. 122-123.

2. R. MATHIAS, *La matière fulminante* (suite) (*loc. cit.*), § 9, p. 695 et 696.

forme de transition, comme il s'en produit souvent à la naissance des foudres ascendantes : tel le fameux *serpent des météores* que le récit de P. Van Musschenbroeck a popularisé, et l'exemple *q)* de la page 908.

Les exemples qui suivent montreront que la forme serpentine s'observe habituellement lorsque la matière fulminante s'est fortement souillée de toute sorte d'impuretés, métalliques ou non.

a) Le soir du 19 juillet 1886, à Lokeren, en Flandre, le gardien de nuit de la station ferroviaire vit un serpent de feu suivre les fils télégraphiques jusqu'à la distance de 480 mètres, savoir jusqu'à la bifurcation Exaerde-Mille-Pommes, où il disparut en éclatant comme une fusillade (1).

b) A Syssele, le 22 septembre 1889, sur l'église, d'après des renseignements donnés par le vicaire qui disait la messe au moment de l'accident (cas de foudre globulaire) :

La foudre est tombée sur le sommet de la tour, celle-ci a été à moitié dégarnie d'ardoises, des planches ont été enlevées. Elle a partout soulevé le plomb formant les jointures le long de la façade ; elle a arraché une partie de la corniche de la façade principale de l'église. Le vicaire, qui disait la messe dans le chœur, déclare avoir senti une forte pression et une grande tension autour de lui, pendant un certain temps ; les fidèles affirment avoir vu un *serpent bleu* (S) descendre verticalement au dessus de la tête du vicaire. Lorsqu'il en fut à quelques centimètres, il se fit une obscurité profonde suivie immédiatement d'un craquement épouvantable ; une *boule de feu* (B) éclata et enveloppa la tête du vicaire d'une pluie d'étincelles. La chaîne, peinte en blanc, d'une sonnette fixée à la muraille est devenue noire ; la porte des stalles, du côté de cette sonnette, fut brisée ; les éclats du plâtras de la muraille remplirent le chœur ; la lumière qui se trouvait au dessus du vicaire fut atteinte ainsi que celle qui éclairait un abbé assis dans les stalles ; les servants virent une *boule de feu* (C) passer devant eux, *pénétrer en s'allongeant* (2) *sous une sonnette* placée sur une marche de l'autel, la soulever, monter au dessus de la tête d'un acolyte (qui reçut un coup au front et eut les cheveux brûlés) et puis disparaître par un tube en fer traversant la muraille.

Au dessus du banc de communion pendait une lampe, on vit autour une *boule de feu* (D) grosse comme une tête d'enfant ; la boule éclata et répandit une pluie d'étincelles. L'abat-jour en cuivre fut perloré en deux endroits et le fumi-vore en porcelaine brisé.

On vit aussi un *serpent bleu* (S') s'agiter sur le sol près du chœur de l'église.

Les deux bancs de communion furent en partie brisés ; des éclats de bois furent projetés en tourbillonnant jusque près de la porte d'entrée de l'église. Près du gond en fer sur lequel tourne la moitié de la porte fermant le chœur et

1. F. EVBARD, ingénieur en chef des Télégraphes *Troisième note sur les Observations des coups de foudre en Belgique* Bruxelles, 1887, p. 47.

2. Forme de transition à joindre à celles que signale le § 4.

faisant partie du même banc, la foudre arracha et brisa deux carreaux céramiques et en souleva plusieurs autres.

Le couvercle et le pied en marbre des fonts baptismaux ont été brisés ; une des stations du chemin de la croix a été arrachée de son cadre et la muraille au dessus des fonts baptismaux a été percée ⁽¹⁾.

Or, le professeur Galli, qui a étudié ce coup de foudre, dit à son sujet : « Il est difficile de reconstruire tout l'ordre des faits observés ; mais il paraît certain que le premier globe fut une transformation de la foudre serpentine descendue sur la tête du prêtre ; et il est probable qu'en explosant elle se divisa en deux ou plusieurs globes qui produisirent les phénomènes du chœur au baptistère » ⁽²⁾.

Dans le récit d'Evrard et de Lambotte, indépendamment de la foudre qui, au commencement, tombe sur le sommet de la tour de l'église, il est question de *deux serpents bleus* (S et S') et de *trois boules de jeu* (B, C, D) dont la couleur n'est pas donnée, preuve que cette couleur n'était pas bleue et était une couleur de feu : rouge ou orangée.

Il est donc impossible que le *premier serpent bleu* (S) à matière fulminante souillée de soufre, à tension superficielle très diminuée, ait donné naissance au globe sphérique B, dont la matière fulminante ne contient pas de soufre et a une tension superficielle assez grande pour permettre à cette sphère un rayon beaucoup plus grand que celui de la section droite du *premier serpent bleu*.

Une autre raison est celle-ci. La foudre serpentine S, peu ou pas électrisée puisqu'elle s'approche à quelques centimètres du célébrant sans le blesser, ne peut pas engendrer le globe B, assez fortement électrisé puisqu'il explose avec un bruit épouvantable.

Le *second serpent bleu* (S'), celui qu'on trouve s'agitant sur le pavé, près du chœur, après l'obscurité produite vraisemblablement par le globe B, n'est à peu près sûrement autre que le premier serpent S qui a continué sa descente à la faveur de l'obscurité et qui a dû s'arrêter sur le pavé.

Une autre chose est également claire : c'est que les globes B et

1. F. EVRARD, ingénieur en chef des Télégraphes, et L. LAMBOTTE, ingénieur des Télégraphes, *Sixième note sur les observations de foudre en Belgique*.

2. I. GALLI, *Effetti dei fulmini globulari sugli alb.ri e sulle crbe*, § 2. p. 6-7 (Estratto dalle M. d. Pont. Acc. Rom. d. N. Lincei, t. 31, 1913).

D, qui répandent autour d'eux des pluies d'étincelles, ont des matières fulminantes identiques. On ne dit rien de pareil du globe C. L'hypothèse que fait le professeur Galli consiste à dire que le globe B, en craquant, s'est séparé en deux parties, qui seraient les globes C et D ; cette hypothèse, comme nous venons de le voir, est très satisfaisante pour D ; elle est gratuite pour le globe C. Adoptons-la par raison de simplicité. On peut alors essayer de reconstruire de la manière suivante l'ordre des faits observés :

La foudre sphérique B, dont on ignore l'origine comme celle du *premier serpent bleu* S, a débuté par une décomposition fusante qui a rempli le cœur de noir de fumée et a produit l'obscurité. La décomposition s'accélérait et est devenue explosive ; le globe B explose en se séparant en deux autres C et D et en faisant voler dans le cœur les plâtras de la muraille. B ayant disparu, le récit mentionne le globe C qui passe sous une sonnette, blesse un acolyte, puis disparaît par un tube de fer traversant la muraille. Et alors commence le récit des méfaits de la foudre D. On voit par ce qui précède comment on peut mettre de l'ordre et de la lumière dans le chaos des faits observés.

c) Phénomène arrivé à Kaisersbach, vers 18^h,30, le 27 juillet 1913, d'après M. O.-A. Welgheim. A environ 140 mètres de l'église, fut vu aller du sud au nord *un serpent lumineux* en position verticale ; il éclata avec un bruit assourdissant, sans roulement, et alors cessa la chute de grêle qui durait depuis quatre minutes. Une quarantaine de mètres plus avant et subitement après le tonnerre, fut vue à sa place *une masse de feu courir dans la même direction, et plus au dessus une masse de feu envahir la rue comme un torrent*, mais toute différente des éclairs communs. Dans chaque cas, on sentit une odeur de soufre brûlé (*Das Wetter*), p. 236-237) (1).

La matière fulminante de la forme serpentine, plus ou moins décomposée et ayant beaucoup augmenté de volume, se retrouve en avant sur la trajectoire suivie par la foudre serpentine ; l'odeur d'anhydride sulfureux montre qu'on avait affaire à une matière

1. I. GALLI, *Effetti dei fulmini globulari sull'uomo e sugli animali*, § 6 p. 12 (Estratto dalle *M. d. P. Acc. Rom. d. N. Lincei*, t. 32, 1914).

fulminante impure, sulfurée, ce qui explique la diminution de la tension superficielle et la forme serpentine.

d) Phénomène observé à Agosta, paysage des monts Simbruini, à 8^{kms} de Subiaco, la soirée du 23 avril 1916. Vers 21^h, apparurent sur le clocher *beaucoup de petits serpents lumineux*, semblables à certaines fusées de pyrotechnie, et s'amassèrent en formant *une très longue flamme blanche, avec une pointe rouge*, qui entourait la tour, haute de 30 mètres. Après quelques petites secondes, une foudre descendit du clocher, rompit une vitre de l'église, et alla exploser comme un coup de fusil sur l'autel, devant lequel priaient à genoux environ 400 dévots, dont les yeux abaissés ne purent voir la forme de la foudre. Personne ne fut offensé, mais tous eurent une secousse. Seules, restèrent immédiatement brûlées les palmes de fleurs artificielles, et il se diffusa une grande puanteur de poudre brûlée, non seulement dans l'église, mais même au dehors (1).

La longue flamme est blanche parce que la matière fulminante est à température très élevée ; à sa pointe, la surface de l'unité de volume étant très grande, le refroidissement abaisse la température et la matière fulminante est alors rouge. La matière fulminante de la foudre descendue du clocher est impure et même sulfureuse ; on n'est pas surpris que l'abaissement de sa tension superficielle ait déterminé la forme serpentine.

e) Un phénomène analogue (*cylindre lumineux long et mince*) s'échappant des bornes d'un poste téléphonique à Rome, et s'en détachant pour parcourir un assez grand espace, a été signalé par I. Galli (*Atti d. P. Acc. Rom. d. N. Lincei*, t. 64, 1911) (2).

f) Des groupes de foudres, par ciel parfaitement serein, furent observées à Pavie, par le professeur Torquato Taramelli et par d'autres, un peu avant midi, par une belle journée de printemps de 1912. Elles étaient semblables à des *verges de lumière bleue, longues « de plus d'un mètre »*, qui, avec un grand bruit, sortaient en faisceaux de deux points extérieurs et opposés de l'Université, l'un et

1. I. GALLI, *Supplemento alla Storia ai Caratteri e agli effetti del fulmine globulare*, § 14, p. 48-49 (Estratto dalle *M. d. P. Acc. d. N. Lincei*, série II, t. 2, 1916).

2. C. DE JANS, *Coup d'œil rétrospectif*, etc..., p. 35, (en note).

l'autre sans aucune communication, ni au voisinage, avec des machines et autres sources électriques artificielles. Au bout de quelques secondes, le phénomène se reproduisit dans une seule partie, mais plus en bas, savoir aux fils du téléphone, qui demeurèrent complètement brûlés. On ne peut supposer que, cette seconde fois, *ce furent des étincelles jaillies du circuit téléphonique*, parce qu'elles avaient une longueur bien limitée, mais non déterminée par la distance séparant les deux extrémités de la décharge, et aussi parce que des étincelles aussi grosses et aussi bruyantes ne pouvaient être produites par le faible courant des téléphones. A cause de cela, le même professeur Taramelli, dont tous connaissent la profonde érudition et la grande circonspection, ne doute pas que, les deux fois, le phénomène fut « *un éclatement singulier de la foudre* » (1).

On peut remarquer que, dans la presque totalité des cas, les foudres serpentes sont bleues, leur matière fulminante étant souillée par la présence du soufre, qui diminue, comme on l'a vu, la tension superficielle.

9. Etude des formes cylindriques. — Ces formes ne diffèrent des formes dites *serpentes* que parce que le rayon du cylindre est une fraction notable de la longueur au lieu d'en être une faible fraction. Le cylindre est souvent terminé par des bouts hémisphériques.

a) Dans l'exemple suivant, le cylindre est gros et court ; ce cas est intéressant parce que *le cylindre dérivait d'un globe et était terminé par deux hémisphères*. Le soir du 6 septembre 1880, à Courtry (Seine-et-Marne), deux frères assis sur un banc avaient la figure tournée vers le nord, où frétilaient des éclairs lointains dans un petit nombre de nuées vaporeuses et basses. Peu avant 8^h, ils virent trois fois, à bref intervalle, un faisceau de lumière blanchâtre qui, en glissant presque horizontalement du nord au sud, dans le ciel serein et à une centaine de mètres du sol, se transformaient subitement en *un cylindre rouge*, comme si un gros boulet de canon se fendait par le milieu et si les deux moitiés s'allongeaient en laissant

1. Bulletin hebdomadaire de l'Association scientifique de France, t. 25.

plein et lumineux l'espace intermédiaire. La longueur du cylindre était triple environ de la grosseur et le phénomène dura chaque fois à peu près une seconde, et il disparut sans explosion et sans qu'il en restât une trace ⁽¹⁾.

Le faisceau horizontal *blanc avant la transformation, était, par suite du refroidissement, transformé en un cylindre rouge.*

b) Une foudre de forme cylindrique a été vue distinctement à Oullins, près Grenoble, dans la maison de M. Charles, environ 40 minutes après midi, le 30 juillet 1913... Le ciel était couvert, sans éclairs et sans tonnerre ; mais dans le lointain apparurent des nuées noires, il tomba quelques gouttes d'eau, et M. Charles, qui voyageait sur le tramway, entendit des tonnerres peu forts et vit pleuvoir copieusement...

Ma femme disait à l'un de mes fils de se hâter de monter lorsqu'elle vit devant elle *une colonne de feu* descendre assez lentement du palier du second étage vers celui du premier ; elle entendit un roulement, puis une détonation extrêmement violente, accompagnée d'un fracas comparable *au bris d'une grande quantité de vaisselle* ; elle vit un éclair éblouissant et ce fut tout. Le météore avait disparu sans laisser aucune trace et sans avoir dégagé aucune odeur...

Mon jeune fils qui remontait l'escalier et se trouvait sur le palier situé entre le rez-de-chaussée et le premier, voyait le météore de bas en haut, *il lui apparut sous la forme d'une boule... Le météore avait une couleur rouge orangé très vive...* Son aspect n'était cependant pas incandescent. Son diamètre apparent était d'environ 12^{cm}...

Ma maison n'a pas reçu directement le coup de foudre. Je suppose qu'il s'est produit au loin sur la ligne de la société *Force et Lumière*. Le fluide ... a pénétré par ma ligne d'éclairage dans la maison ; il a suivi la conduite de la distribution d'eau débouchant sur le palier du second étage. Il s'est manifesté sous la forme de colonne, qu'a vue ma femme, et que mon fils, apercevant par sa section inférieure, a vue, lui, comme un disque et qu'il a cru être une boule.....⁽²⁾.

c) Un orage extrêmement furieux, avec pluie diluvienne, épouvanta toute Rome la soirée du 25 septembre 1915... Une autre masse lumineuse *en forme de cylindre*, longue d'environ 60^{cm}, entra dans l'appartement au rez-de-chaussée d'un palais, occupé par la famille du portier ; là, en tournant, elle se partagea en 5 ou 6 parties, *qui ressortirent en file* par la porte à moitié ouverte, tour-

1. I. GALLI, *Effetti dei fulmini globulari sugli alberi e sulle erbe*, § 3, p. 9 et 10. en note (Estratto dalle *M. d. P. Acc. Rom. d. N. Lincci*, t. 31, 1913).

2. *La Nature*, 41^e année, 1913, n° 2102, 6 septembre 1913, *Variétés*.

nèrent à droite, traversèrent une balustrade de fer et coururent dans le jardin. Tous ces phénomènes furent silencieux et sans dommages ⁽¹⁾.

d) Cas observé près Ullersdorf, à 14^h,15 le 2 avril 1904. Une foudre *en forme de cylindre arqué* « comme une courge recourbée » éclata sur la cime d'un peuplier. L'onde aérienne produite par l'explosion fut tellement violente que, jusqu'à 150 mètres, elle rompit les vitres de toutes les fenêtres ; arrivée à ce point, elle enfonça le toit et la porte d'une maison à 12 mètres, renversa à 50 mètres un ouvrier qui travaillait, et fit trembler les maisons et vibrer les fenêtres même à la distance de 8 kilomètres... La foudre après, toute entière ou en grande partie, descendit à terre, démolit un édicule érigé entre le peuplier frappé et un peuplier voisin, *fondit le métal de la couverture et du crucifix qui était dessous, et se divisa en trois parties différentes* dont la forme n'est pas indiquée. La partie la plus grande disparut dans le ruisseau voisin ; une autre alla vers un puits couvert de planches et *creusa dans le terrain des trous distants d'environ un mètre l'un de l'autre...* ; la 3^e partie se dirigea vers la maison d'un forgeron, distante de 15 mètres ; elle sauta l'escalier de pierre, flanqué d'une galerie à rampe de fer, laissa de petits trous dans l'auvent de l'entrée, fait en cannes de roseau, fracassa la fenêtre située au dessus de la porte, entra dans la maison, et là se subdivisa encore... (*Das Wetter*, mai 1904) ⁽²⁾.

Le cylindre arqué primitif, ayant fondu le métal de la couverture et le crucifix de l'édicule, avait sali sa matière fulminante ; aussi se subdivise-t-il en trois parties B, B', B'' ⁽³⁾. B finit dans le ruisseau voisin ; B' est un *globe excavateur* dont nous reparlerons plus tard ; B'' fait du travail mécanique et achève de se salir ; la conséquence est qu'il se divise encore ⁽⁴⁾.

e) Une forme extrêmement rare est celle du *cylindre plutôt mince courbe à la façon d'un cerceau*. Cette figure se mit à tourner rapidement dans un plan horizontal sur la pointe d'un paratonnerre

1. I. GALLI, *Supplemento alla Storia*, etc., *loc. cit.*, § 18, p. 54.

2. I. GALLI, *Supplemento alla Storia*, etc., *loc. cit.*, § 14, p. 47-48

3. 4. Exemples à joindre à ceux du § 7, p. 916.

élevé près de l'angle BE de la mairie de Velletri, à 4^h45, le 17 juin 1896... Environ une heure après, la même tempête arrive à Terracine, foudroie une maison et, là encore, on voit la même colonne de feu qui tourne également dans un plan horizontal, comme m'en donna connaissance aussitôt l'ingénieur Romulus Remiddi, sans savoir que ce phénomène singulier s'était déjà produit à Velletri une heure auparavant (1).

10. Etude des barres lumineuses. — Qu'un cylindre circulaire soit une forme dégénérée d'un globe sphérique c'est acceptable. Mais la forme de *barre lumineuse* est une expression plus populaire que géométrique, bien qu'une barre soit géométriquement un prisme. Qu'un globe sphérique s'allonge en filant plus vite, c'est naturel ; si on y ajoute un peu de *persistance des impressions sur la rétine*, on rend compte de l'apparence de barre enflammée ou lumineuse se mouvant rapidement dans la direction de sa longueur. Voici des exemples.

a) Le 24 août 1842, à 10^h du matin, au milieu d'un violent orage avec torrents de pluie, la foudre tomba dans la ville d'Ille, sur l'habitation d'un serrurier-mécanicien. Pendant que la foudre exerçait ses ravages sur cette maison, un *globe de feu* d'environ 20^{cm} de diamètre tomba sur le pavé de la rue, et *fila ensuite sous la forme d'une barre enflammée*. Enfin plusieurs *trainées* ou *sillons de feu* parcoururent ce quartier et circulèrent dans quelques habitations (l'abbé Chapsal) (1).

Il se peut qu'en tombant sur le pavé de la rue la matière fulminante du globe se soit salie un peu, et que la diminution de la tension superficielle résistante ait facilité l'allongement en forme de barre.

Les *trainées* et *sillons de feu* sont de la matière fulminante provenant de la décomposition sans explosion du globe, qui se mouvait horizontalement avec vitesse, et qui continuent à se mouvoir comme le globe primitif, *mais avec une vitesse moindre* puisqu'ils sont de la matière fulminante en décomposition et augmentant progressive-

1. F. SESTIER, *loc. cit.*, t. I, p. 139.

ment de volume, ce qui augmente le frottement contre l'air et diminue la vitesse.

b) Cas inverse du précédent. Dans l'après-midi du 17 août 1876, d'une *poutre de feu*, à contours bien définis, qui courait horizontalement du nord au sud, le long de la rue principale de Velletri, *naquit un globe* d'environ 15^{cm}, qui sauta au second étage d'une maison dans une ruelle transversale (1).

c) La nuit du 22 août 1821, le sieur Desvaux vit à Angers « *une barre lumineuse horizontale* » longue d'environ deux mètres, grosse de 5^{cm}, durant une seconde et demie ; après quoi elle ne se distingua plus par la lumière qu'elle jetait (2).

Ce n'était pas une forme stable, donc *une forme de transition*.

d) Le 28 juin 1875, à Velletri, comme il pleuvait fortement, peu avant midi, *un globe allongé comme un bras rebondissait dans la rue*, puis entra *par un trou presque invisible* dans le premier étage d'une maison, passa au second étage où il apparut transformé en *verge* se dirigea sur une femme en tournoyant autour et se tordant comme un serpent, et enfin s'enfuit par le tuyau de la cheminée (3).

Il s'agit bien, comme on le voit ici, d'une *forme de transition* électrisée dont la pression électrostatique diminue progressivement, ce qui explique que, du pavé de la rue, il s'élève d'abord au premier étage, puis au second, pour se sauver ensuite par le tuyau de la cheminée (4).

e) Vers 14^h30 du 23 août 1877, le grand marronnier d'Inde qui est devant la maison champêtre de San Stefanetto, sur le territoire d'Alba, fut frappé par la foudre pendant que le propriétaire, M. Boeri, parlait avec son chasseur, qui fumait un cigare et avec l'échine appuyée au tronc de l'arbre ; un serviteur était couché sur l'herbe à peu de distance. Dans l'air, n'apparaissait rien d'autre qu'un voile léger, mais à 4 ou 5 kilomètres, au delà de la vallée où coule le Tinello,

1. I. GALLI, *I principali Caratteri*, etc., *loc. cit.*, § 20, p. 40.

2. F. SESTIER, *loc. cit.*, t. I, p. 205.

3. I. GALLI, *I principali caratteri*, etc., *loc. cit.*, § 20, p. 40.

4. E. MATHIAS, *La matière fulminante* (suite), § 50, p. 730-733.

on voyait un orage. Une minute après environ, on entendit deux ou trois tonnerres lointains, profonds et longs ; la dame Boeri et d'autres dames qui étaient dans la maison virent venir de l'orage une *poutre de feu* ; on entendit comme un bruit de fusée, suivi d'une horrible détonation, *sans éclair*. Boeri et le chasseur tombèrent évanouis et raides « durs comme deux morceaux de bois ». Seul, le serviteur, moins frappé, faisait entendre quelques faibles plaintes. La camisole du chasseur fut lacérée le long du dos, la couture du pantalon fut défaite, le talon d'un soulier fut troué largement, l'embouchure du cigare fut brisée, la chaîne d'acier de sa montre cassée, et tout le poil de son corps brûlé. Les deux évanouis commencèrent à revenir au bout d'un quart d'heure ; mais deux heures se passèrent avant qu'ils retrouvassent une parfaite connaissance. Le chasseur resta trois ou quatre jours avec la jambe engourdie et une atonie des muscles vésicaux ; M. Boeri souffrit de douleurs aiguës et ensuite graduellement moins fortes pendant un couple de mois. L'avocat Michel, fils de M. Boeri, qui était à 50 pas de l'arbre, et un de ses petits enfants, qui en était seulement à une vingtaine de pas, n'eurent ni dommage ni secousse ⁽¹⁾.

La rapidité avec laquelle la *poutre de feu* vint de l'orage jusqu'au lieu d'où on l'observait, l'absence d'éclair, malgré une horrible détonation, tout cela porte à penser qu'il s'agit d'un de ces éclairs fulgurants horizontaux sensiblement, qui cheminent lentement et dont la matière fulminante affectait la forme dite de *poutre de feu*. On s'explique ainsi la violence des décharges électriques et les autres particularités observées.

11. Etude des formes rares qui ne sont pas des déformations de la sphère. — Les formes dont il va être question ne peuvent s'expliquer par une tension superficielle constante en tous les points de la surface de la matière fulminante. Comment peut-il se faire que la tension superficielle puisse n'être pas la même aux divers points de la surface ? Cela s'explique ainsi : la souillure par des impuretés (Fe, S,...) de la surface de la matière fulminante peut

(1) I. GALLI, *Gli effetti fisici e chimici dei fulmini globulari*; § 3, p. 6 et 7. Estratto dalle *M. d. P. Acc. Rom. d. N. Lincei*, t. 30, 1912).

n'avoir pas la même intensité en tous les points ; par exemple, en des points dont la température est très différente. Supposons que la matière fulminante attaque une tige de fer ; les points les plus chauds se souilleront plus fortement que les régions relativement froides. Dans un mémoire précédent, on a vu que le mode même de génération des foudres globulaires peut conduire à une grande hétérogénéité dans les températures des divers points de la surface ⁽¹⁾. L'explication que nous proposons est donc des plus naturelles.

Le professeur Galli distingue des formes coniques, prismatiques et plates.

Foudres coniques. — Voici le cas d'une foudre ascendante conique.

a) En février 1867, à Presbourg, une flamme conique et azurée jaillissait d'un brasier de terre cuite, le cassait, serpentait à travers la chambre, brûlait le visage et les mains d'une petite fille. Après, une partie sortit par la fenêtre ; l'autre partie fracassa la porte dans la chambre voisine, cassa une table et un autre brasier, renversa un coffre, fuit par le tuyau de la cheminée, enleva et jeta sur le chemin des jambons suspendus sous le manteau de la cheminée, et laissa une puanteur de soufre durant environ une heure ⁽²⁾.

Voici maintenant un autre cas un peu différent ⁽³⁾.

b) Dans l'église d'Altenmarkt, près Fürstenfeld, à 8^h du 7 août 1892, et pendant que s'apprêtait un orage, le chapelain se préparait à administrer la communion aux dévôts, quand il tonna horriblement comme un coup de canon. Ceux qui étaient dehors avaient vu une espèce de ballon large en bas et pointu en haut qui, en explosant, répandit une forte odeur de soufre. Il ne fit pas de dommages, et on attribua cette préservation au parafoudre du clocher, ce que nous savons n'être pas exact.

L'explication que nous avons donnée plus haut des formes rares qui ne sont pas des déformations simples de la sphère exige que la

1. E. MATHIAS, *La matière fulminante*, loc. cit., § 6, p. 549.

2. I. GALLI, *Della protezione offerta dai parafulmini e di alcuni quaresiti sulla natura del fulmine*, § 42, p. 52 (Estratto, dalle *M. d. P. Acc. Rom. d. N. Lincei*, t. 26, 1908).

3. *Meteor. Zeitschr.*, septembre 1892, p. ...

matière fulminante soit impure ; c'est le soufre qui est l'impureté dans les deux cas qui viennent d'être passés en revue.

Foudres prismatiques. — Récit de Leclercq, professeur à l'université de Liège. Au commencement de la matinée du 9 août 1837, une grande tempête s'étendait sur toute la province et durait depuis plus d'une demi-heure. Après, les nuages de la tempête s'abaissèrent beaucoup et la chaleur devint suffocante.

Vers 8 heures et demie, au moment de sortir de la maison avec d'autres personnes, nous vîmes distinctement au dessus du trottoir de la maison en face, et sur une longueur de 5 à 6 mètres, une lueur bleuâtre, *de la forme d'un prisme triangulaire* couché sur le trottoir par une de ses faces latérales et dont l'arête opposée était ondulante et *colorée en rouge pourpre*. Cette lueur se trouva accompagnée aussitôt d'une détonation sans craquement, très forte et pleine, sans roulement, mais qui dura 6 ou 8 secondes environ » (1).

Nous ferons remarquer, à propos de cette notice : 1^o que c'est parce que la chaleur devint suffocante que les nuages de la tempête s'abaissèrent, conformément au principe d'Archimède ; 2^o que la 3^e arête du prétendu prisme triangulaire, qui est à la partie supérieure, est précisément l'endroit où le refroidissement de la matière fulminante par l'air est le plus intense ; on comprend aisément pourquoi la matière fulminante est blanc bleuâtre là où le prisme est large et se refroidit peu et devienne *rouge pourpre* là où l'épaisseur presque nulle favorise au maximum le refroidissement.

Foudres en forme de langues de feu. — Voici quelques exemples.

a) Une demi-heure après midi du 4 juillet 1893, un amas de nuages noirs arriva du SW sur le territoire de Paramé avec des éclairs et des tonnerres terribles. Un paysan s'assit sous un petit hangar et vit tomber à ses pieds une *langue de feu*, qui ensuite entra dans la maison. Il s'y précipita ; la cendre du foyer était dispersée, des morceaux de pierre et de suie étaient tombés de l'ouverture de la cheminée. Sa femme gisait foudroyée au rez-de-chaussée, mais sans dommage ; on sentait seulement autour de soi une odeur toute spéciale. Le foin accumulé dans le grenier prenait feu (2).

L'entrée de la foudre dans la maison tient probablement à ce

1. *Actes de l'Académie de Bruxelles*, t. 20, p. 87.

2. *L'Astronomie*, 1893, p. 313.

que, à cause du feu qui brûle dans les cheminées, il y a un courant d'air ascendant dans celles-ci, et, par suite, une aspiration de l'air extérieur, qui attire vers les portes des maisons les foudres qui flottent dans l'air à proximité.

b) Autre exemple, à Aix-en-Provence, le 11 septembre 1911. Environ deux heures après midi, éclairs et tonnerre très forts avec ciel peu couvert, Après rassérénement « lorsque le tonnerre éclata, une langue de feu rougeâtre, longue de 4 décimètres, d'une épaisseur moyenne de 1^{cm} », traversa toute une ruelle et, par la persienne entr'ouverte du premier étage d'une maison, entra dans une chambre où le maître et deux messieurs étaient assis aux côtés de la fenêtre ouverte. Elle tourna près de la lampe électrique pendante au milieu de la salle et l'alluma pendant un instant d'une lumière qui devint très vive. Elle passa après derrière le fauteuil occupé par le maître de la maison, sortit par la même fenêtre, monta jusqu'au 3^e étage de la maison en face, y entra aussi par une persienne entr'ouverte, tourna autour d'une jeune fille assise, sortit par la même fenêtre, et vagabonda encore dans beaucoup de maisons très éloignées les unes des autres, toutes habitées, sans changer de forme, sans jamais faire de mal à qui que ce fût. Les fils intérieurs de la lampe disparurent, mais ceux de la canalisation ne furent pas altérés, puisqu'on eut la lumière par la substitution d'une nouvelle lampe (relation de M. Capellan (1)).

Cette foudre, évidemment électrisée, a produit un court circuit et brûlé le filament de la lampe de la suspension, sans endommager la canalisation, en sorte qu'il a suffi de remplacer la lampe brûlée par une lampe neuve pour avoir de nouveau la lumière. Mais, en se déchargeant sur la lampe, la matière fulminante a baissé de potentiel ; la matière décomposée et retenue par la pression électrostatique a augmenté de volume, en sorte que cette foudre s'est élevée jusqu'au 3^e étage de la maison en face, où elle a vagabondé sans causer de dommage à personne.

c) Cas observé à Callianetto, fraction de Castell'Alferro, arrondissement d'Asti. Un orage avec éclairs et tonnerres très fréquents

1. *Cosmos*, 60^e année, 1911, p. 341.

y arriva vers 17^h, le 19 mai 1911, et une foudre enfonça le toit d'une maison rurale isolée, en faisant sauter une cinquantaine de tuiles. Ayant entortillé et fermé étroitement la gouttière semi-cylindrique de fer blanc, au point de la réduire à un mince cylindre « comme un bâton », la foudre descendit par la canal de décharge et entra dans l'étable par la fenêtre. Là, s'était rassemblée toute la famille de Francesco Barbero, qui habitait la maison et était composée de sept personnes ; y étaient accourus plusieurs autres villageois pour se garantir de l'orage, et là se tenaient encore quelques bêtes bovines couchées tout de leur long. Tous virent « comme une *langue de feu rouge-jaune*, plus grosse d'un côté, faire le tour des murs et ensuite disparaître ». Et tous demeurèrent atterrés, presque étourdis ; et les bêtes bondirent sur leurs pieds en mugissant. Mais, par bonne aventure, seule, une fille de Barbero, de seize ans, eut la manche gauche brûlée et une brûlure légère sur le même bras, disparue au bout d'une dizaine de jours ⁽¹⁾.

Formes plates. — Les foudres plates affectent ordinairement la *forme de cœur*.

a) Le plus bel exemple est celui de la foudre qui, le 19 juin 1903, à la brune et par un temps serein, vint à plusieurs reprises bourdonner aux oreilles de M^{me} Barigioni-Pereira-Santiago à Rome, et qui a été décrite antérieurement avec détail ⁽²⁾.

b) On peut citer un autre cas, précédé par une détonation et terminé par un éclatement, ainsi qu'il fut décrit par M. Schrammer ⁽³⁾

Pendant l'orage du 10 août 1890, à Theux, on a vu tomber un *globe de feu en forme de cœur*. Au voisinage du sol (10 à 15^m), il disparut en éclatant et en prenant la forme de zigzags se dirigeant horizontalement et vers le bas. Le coup de tonnerre qui le précéda fut formidable.

On peut remarquer avec le professeur Galli, que des cinq cas de foudre en forme de langue ou de cœur rapportés jusqu'ici, le seul qui ait affecté, bien que légèrement, un corps humain est celui de Callianetto. *Les formes plates ne paraissent donc pas dangereuses en général.*

1. GALLI, *Gli effetti fisici e chimici*, etc., loc. cit. § 4, p. 14-15.

2. E. MATHIAS, *La matière fulminante*, loc. cit., § 6, p. 549-550.

3. *Ciel et Terre*, t. 11, 1899, p. 348.

On peut rendre compte simplement de cette propriété comme il suit. La matière fulminante, lorsqu'elle est encore à haute température, étant bonne conductrice de la chaleur et de l'électricité, se comporte, grossièrement tout au moins, comme un conducteur électrique isolé. Sa distribution électrique est purement superficielle, et sa densité électrique superficielle en un point dépend uniquement de la courbure de la surface en ce point. Or, dans les formes plates, il y a lieu de distinguer les deux *surfaces de base*, pourrait-on dire pour lesquelles la courbure est presque nulle, et σ faible et sensiblement constante, et le *contour*, où la courbure est très grande, donc σ très grand aussi. En vertu du *pouvoir des pointes*, il se produit une déperdition électrique très énergique le long du contour, avec ionisation de l'air extérieur, et cela d'autant plus fortement que le potentiel est plus élevé. En vertu de cette rapide déperdition, les foudres plates sont nécessairement peu électrisées au bout de quelque temps. D'ailleurs, quand elles sont complètement désélectrisées, elles s'éteignent d'elles-mêmes sans explosion. La remarque du professeur Galli est donc fondée. Ce n'est qu'au début, quand elles ne sont pas encore déchargées, que les formes plates peuvent donner des secousses légères et produisent, par projection ou par contact, quelques brûlures légères.

Formes très rares. — Voici un cas unique et passablement mystérieux. Vers 17^h, le 30 août 1913, un unique gros nuage se tenait au dessus d'un champ, près de Marcellise, province de Vérone. Après environ 15 minutes, pendant que l'air était calme et que tombaient quelques gouttes de pluie, on vit « un éclair vertical, court et tortueux » et en même temps on entendit un tonnerre sec, suivi d'un cri aigu « comme un son de trompette ». Au même moment, apparut « une espèce de demi-lune qui avait comme une queue lumineuse adhérente ». Deux jeunes filles qui fauchaient l'herbe tombèrent mortes, l'une en face de l'autre, leurs cadavres, avec tous les vêtements brûlés et sans autre signe extérieur qu'un peu de brûlure dans les cheveux, serraient avec les mains l'herbe et la faux. A environ 20 mètres, un homme guidait trois paires de bœufs qui tiraient la charrue et une petite fille en dirigeait les socs ; l'homme tomba légèrement brûlé ; la première et la troisième paire de bœufs tom-

bèrent également, et la petite fille, fut lancée à cinq ou six mètres. D'autres femmes, à la même distance des tuées, restèrent sur leurs pieds, saines et sauves.

Le professeur Galli remarque que la deuxième paire de bœufs non frappée, alors que la première et la troisième le sont, est un exemple net de saut dans l'action de la foudre ⁽¹⁾. Pour expliquer que l'éclair était court et tortueux, il imagine, gratuitement peut-être, que la forme de la foudre était celle d'un cylindre courbé en hélice.

Quoi qu'il en soit, on a certainement affaire à une foudre bizarre munie d'un appendice caudal ; mais, comme on ne connaît ni le mouvement de la foudre ni la direction de l'appendice caudal, on ne peut vérifier, comme dans les autres cas connus, que la tangente à l'appendice caudal est bien dirigée en sens contraire du mouvement de la foudre. On peut seulement supposer que la forme singulière de la matière fulminante, très fortement électrisée dans le cas présent puisqu'elle a causé deux électrocutions mortelles, n'est pas un accident, mais au contraire la conséquence de cette électrisation très forte. Tout est étrange, jusqu'au cri final du tonnerre, qu'il faudrait peut-être rapprocher de l'horrible *détonation* produite par l'explosion de la *poutre de feu* de San Stefanetto qui, elle aussi, était très fortement électrisée ⁽²⁾.

(à suivre.)

1. I. GALLI, *Effetti dei fulmini globulari sull' uomo*, etc., loc. cit., § 6, p. 11.

2. Voir le présent mémoire, p. 927.

SYSTÈME DE TÉLÉPHONIE PAR COURANTS PORTEURS

pour circuits interurbains de faible longueur, ⁽¹⁾

par H. S. BLACK, M. L. ALMQUIST et L. M. ILGENFRITZ.

SOMMAIRE. — Cet article donne la description d'un nouveau système de téléphonie par courants porteurs permettant d'éviter la pose de nouveaux fils, quand il s'agit de circuits aériens de longueur plus faible, que celle à partir de laquelle il serait économique d'utiliser les systèmes à courants porteurs à plusieurs voies prévus pour les circuits à grande distance. L'équipement est adopté de manière à être monté rapidement sur un circuit téléphonique et peut être transféré facilement d'un bureau à un autre quand il est nécessaire d'établir temporairement entre deux points un plus grand nombre de liaisons. Le système utilise un circuit de modulation nouveau et original, dont la description est seulement esquissée ici.

Un des progrès les plus importants réalisés dans la technique des téléphones, au cours de ces dix dernières années, est l'utilisation pratique des courants de haute fréquence, en vue de transmettre sur un même circuit métallique plusieurs communications télégraphiques et téléphoniques simultanées. Pour effectuer, par cette méthode, la transmission de la parole, la bande qui comprend les composantes de fréquence constituant la parole et qui, en téléphonie ordinaire, est transmise sous forme de courants électriques de mêmes fréquences, est transformée en une bande de courants de haute fréquence. Ces courants de haute fréquence ou courants porteurs se superposent à ceux qui sont transmis par la voie ordinaire des fréquences vocales, ce qui permet de transmettre simultanément, sur une même paire de fils, des courants dont la nature se différencie par l'ordre de grandeur des fréquences. A l'extrémité réceptrice, à l'aide de filtres électriques, les bandes de courants de haute fréquence sont séparées les unes des autres ainsi que de la bande des courants de conversation utilisant la même paire de fils,

1. Traduction d'un article publié dans le *Journal of the A. I. E. E.*, janvier 1929.

de sorte que l'on peut séparer les divers messages, particuliers à chaque bande transmise.

Depuis 1918, date à laquelle furent inaugurés les premiers services commerciaux utilisant les courants porteurs en téléphonie, la technique et l'installation de ces systèmes n'ont cessé de progresser d'une façon continue. Dans un article intitulé *Carrier systems on long distance telephone lines* (1), on a montré combien les progrès réalisés dans la technique téléphonique pendant ces dernières années ont permis d'étendre l'usage des courants porteurs à la téléphonie sur les circuits à grande distance appartenant à la compagnie Bell. La téléphonie par courants porteurs trouve aussi un immense champ d'application sur les circuits aériens de moins grande longueur, mais dépassant cependant 80 kilomètres environ ; et c'est pour satisfaire aux besoins relatifs à cette catégorie de circuits qu'on a imaginé et réalisé le système de téléphonie par courants porteurs, dit *type D*.

Description générale et fonctionnement du système. — Afin d'obtenir un système à courants porteurs dont le prix de revient et les frais d'entretien soient suffisamment bas pour qu'au point de vue économique il y ait intérêt à l'installer sur les circuits de moyenne longueur plutôt que d'établir de nouveaux fils quand les circuits existants sont saturés, on s'est attaché à réduire le nombre des appareils nécessaires et à donner à l'ensemble du système une stabilité telle, que le service puisse être assuré en ne demandant qu'un entretien des plus minimes. Ces conditions ont été réalisées en adoptant un système à voie simple, c'est-à-dire ne fournissant qu'un seul circuit supplémentaire de conversation par paire de fils, en employant des fréquences porteuses relativement basses et en introduisant dans le montage certaines nouveautés caractéristiques. Le fait de disposer seulement d'une voie simple permet l'emploi de filtres de construction moins complexe et moins coûteuse ; l'emploi de fréquences porteuses peu élevées atténue l'affaiblissement de

1. Par H.A. Affal, C.S. Demarest, et C.W. Green, octobre trans. quarterly, 1928, A.I.E.E., p. 628.

ligne et réduit les frais nécessités par les transpositions et la charge des sections de câble qui peut être nécessaire ; quant aux nouvelles caractéristiques de montage, elles sont de nature à permettre non seulement de simplifier les appareils, mais encore d'augmenter la stabilité du circuit. On a pu éviter, ici, les réglages quotidiens auxquels il est nécessaire de procéder dans les systèmes à courants porteurs fonctionnant sur de plus grandes distances. L'équipement complet destiné à chaque extrémité de la ligne est rassemblé sur un bâti unique. Les connexions et les essais sont effectués à l'usine même avant la livraison de l'appareillage, de sorte que l'installation dans les bureaux est des plus simples et ne nécessite qu'un minimum de frais.

Voici les caractéristiques électriques nouvelles qui ont été réalisées dans ce système :

1° Emploi, pour engendrer le courant porteur, d'un dispositif tel que les modulateurs et démodulateurs soient auto-oscillants, c'est-à-dire que les mêmes lampes à vide fonctionnent à la fois comme oscillatrices et modulatrices ou comme oscillatrices et démodulatrices, ce qui procure une économie de lampes et d'énergie ;

2° Emploi d'une méthode nouvelle de modulation et démodulation n'exigeant, pour la batterie de plaque, qu'une quantité d'énergie relativement faible ;

3° Suppression des batteries de grille dans les circuits modulateur et démodulateur, en se servant du courant de grille pour produire le potentiel de polarisation de grille ;

4° Emploi du circuit modulateur-oscillateur comme source de courant de signalisation ;

5° Emploi d'une résistance ballast pour maintenir le courant de chauffage dans des limites convenables.

Ces nouveaux dispositifs procurent une simplification de l'équipement et donnent au système une grande stabilité. On a également réalisé des économies en employant, dans certaines parties du circuit, des types perfectionnés de condensateurs où le papier a remplacé le mica comme diélectrique, et en se servant de bobines à découvert en tous les points où cela ne présentait aucun inconvénient.

Comme les autres systèmes récents, le type D emploie des bandes à haute fréquence qui diffèrent pour chaque sens de transmission. C'est un système à courant porteur supprimé et l'on ne transmet qu'une seule bande latérale. Comme le montre la figure 1, on emploie pour la transmission dans une direction la bande latérale inférieure d'un courant porteur de 10.300 p.p.s. et, pour la direction opposée, la bande latérale inférieure d'un courant de 6867 p.p.s..

Le type D a été réalisé en deux modèles. Le premier comprend un certain équipement fondamental et convient pour l'exploitation de circuits dont la longueur peut atteindre environ 200 kilomètres ;

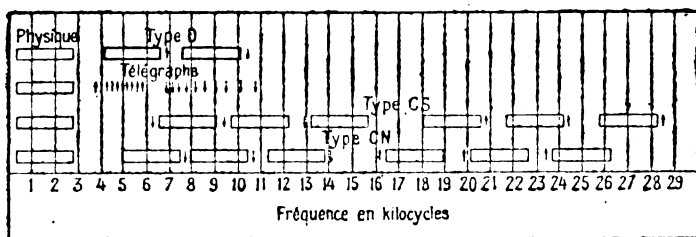


Fig. 1. — Fréquences attribuées au système du type D.

le second comprend le même équipement fondamental, conjugué avec des amplificateurs terminaux et des appareils supplémentaires, et convient sur des circuits pouvant atteindre environ 320 kilomètres. Le dernier de ces dispositifs, appelé *type D-A*, est également, dans quelques cas, utilisé pour des circuits dont la longueur est inférieur à 200 kilomètres, afin d'élever les niveaux de transmission par rapport à ceux des autres systèmes porteurs exploités sur les lignes voisines supportées par les mêmes appuis. Il est parfois nécessaire de procéder ainsi parce que les niveaux normaux des systèmes porteurs exploités sur les lignes à grande distance sont plus élevés que ceux que l'on obtient avec le système du type D n'utilisant pas d'amplificateur. De même, il existe certaines installations de circuits ne comprenant que des systèmes du type D qui peuvent demander que le niveau soit relevé au moyen d'amplificateurs.

La figure 2 montre le schéma de l'appareillage terminal d'un

système fondamental du type D. Quand des abonnés sont reliés aux deux extrémités du circuit à courant porteur, les courants de fréquences vocales, émises par le microphone de la personne qui parle, passent dans la bobine différentielle et sont appliquées aux grilles des lampes modulatrices. L'application des fréquences vocales au modulateur, en présence de la fréquence porteuse, se traduit par une modulation produisant les bandes latérales supérieure et inférieure. Au moyen de la connexion équilibrée du transformateur de sortie du modulateur, la fréquence porteuse est presque entièrement supprimée et il n'en passe qu'une quantité négligeable dans le circuit de sortie. Les courants sortant du modulateur passent dans le filtre de bande du modulateur, qui supprime la bande latérale supérieure et les autres fréquences superflues et laisse passer la bande latérale inférieure vers la ligne, à laquelle elle parvient après avoir traversé le filtre de ligne passe-haut. Le filtre de ligne passe-bas empêche les courants de haute fréquence de passer de ce même côté de la ligne vers l'abonné, qui pourrait, au même moment, parler par les moyens ordinaires sur le circuit téléphonique normal auquel on superpose le système à courants porteurs.

A l'extrémité réceptrice, la bande latérale transmise traverse le filtre de ligne passe-haut et le filtre de bande du démodulateur, et parvient à un transformateur d'entrée qui l'applique aux grilles des lampes démodulatrices. De l'application au démodulateur de ces fréquences de la bande latérale en présence de la fréquence porteuse, il résulte une reproduction des fréquences vocales appliquées à l'extrémité transmettrice. Les divers courants de haute fréquence, existant à la sortie du démodulateur et qui sont superflus, sont supprimés par le filtre passe-bas intercalé dans le circuit de sortie. Les courants de conversation passent alors dans le transformateur différentiel et de là gagnent les jacks et la ligne de l'abonné à qui l'on parle.

Le montage des circuits modulateur et démodulateur est exécuté de telle manière, que l'on constate ici un processus nouveau et original des phénomènes de modulation et de démodulation. Le potentiel de polarisation de grille est obtenu en redressant dans le circuit de grille une petite partie de l'onde porteuse appliquée.

Les deux lampes oscillent en parallèle, l'amplitude des oscillations étant commandée par la self du circuit oscillant, qui remplace ici la résistance de réaction généralement employée, et la partie de l'onde porteuse redressée est suffisamment petite pour que le potentiel de polarisation de grille soit presque égal à la valeur maximum

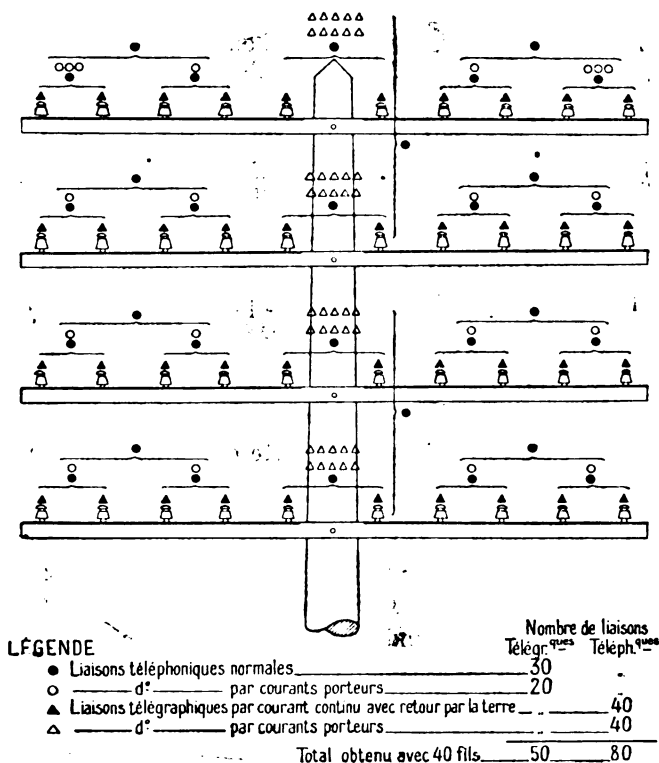


Fig. 3. — Disposition des voies de communication obtenues sur une ligne aérienne.

des oscillations. En se reportant à la figure 6, on verra que le potentiel de polarisation de grille pour le modulateur est de — 100 volts, tandis que le potentiel ordinaire de grille est de — 18 volts si ce type de lampe fonctionne comme un modulateur à circuit de plaque ordinaire. Grâce à ce potentiel de grille très négatif, une partie seulement des voltages des courants porteurs et des courants de conversation appliqués aux grilles agit pour faire varier le courant de plaque. On

peut voir, sur la figure 7, le résultat d'une analyse mathématique de cette partie de la tension de grille. Cette figure est un diagramme des tensions qui, si elles étaient appliquées aux grilles comme le montre la figure, produiraient le même effet dans le circuit de plaque que les tensions des courants porteurs et de conversation effectivement appliquées. Les fréquences importantes, pour la production de la bande latérale, diffèrent de celles qu'on utilise dans les anciens types de modulateurs. Dans ce cas, pour le maximum d'efficacité, l'impédance de charge serait nulle à toutes les fréquences, sauf à celles qui sont comprises dans la bande latérale désirée, pour lesquelles l'impédance serait égale à la résistance des lampes au point de fonctionnement.

Les dispositifs de signalisation sont également indiqués sur la figure 2. La méthode de signalisation est presque semblable à celle qu'on emploie dans le système de signalisation à 1000 p.p.s. sur les circuits physiques. Elle en diffère par cette particularité, que le courant d'appel est obtenu en changeant les connexions du modulateur pendant la durée de l'appel, de sorte qu'on n'a pas besoin de recourir à une source séparée de courant d'appel à 1000 p.p.s.. Pour faire des appels sur le circuit porteur, le modulateur est déséquilibré et la fréquence de l'oscillateur est réduite à 1000 p.p.s.. La haute fréquence résultante est ensuite interrompue à une cadence de 20 interruptions par seconde. La partie réceptrice du circuit de signalisation consiste en un dispositif qui fonctionne sous l'effet d'un courant à 1000 p.p.s. interrompu 20 fois par seconde.

Considérations relatives à la transmission. — L'emploi de fréquences porteuses relativement basses a été un facteur important au point de vue des économies réalisées. En même temps qu'elles permettent de ne demander à l'équipement qu'une amplification peu élevée, les basses fréquences des courants porteurs assurent une plus grande stabilité de transmission sur la ligne. Elles réduisent la charge des sections de câble ainsi que les transpositions de fils qui peuvent être nécessaires. La figure 4 représente les caractéristiques de transmission des filtres de bande et des filtres de ligne.

Le haut degré de stabilité, dû à la manière dont le système a été

conçu, dispense d'employer pour le réglage de l'amplification, de la fréquence et du courant de chauffage, des appareils spéciaux dont on se sert généralement dans les systèmes à courants porteurs. L'équipement du type D est ainsi beaucoup plus simple et moins coûteux. A la transmission et à la réception, les variations de l'amplification, avec des fluctuations de 125 à 135 volts de la batterie de plaque, ne dépassent pas un dixième d'unité de transmission. Ces variations sont encore moindres quand la batterie de chauffage

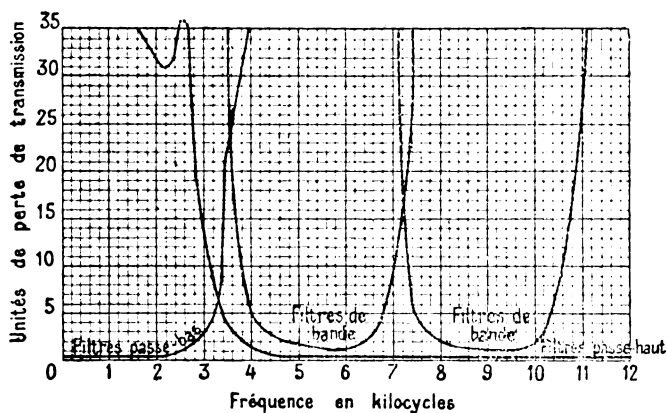


Fig. 4. — Caractéristiques de transmission des filtres employés.

subit des fluctuations de 20 à 28 volts. Les variations combinées de l'amplification à la transmission et à la réception, quand on change les lampes, n'excèdent pas environ une unité de transmission. Ceci ne présente d'ailleurs pas une grande importance, puisque les lampes n'ont pas besoin d'être souvent remplacées. Ce haut degré de stabilité est dû aux propriétés « autocompensatrices » des circuits auto-oscillants.

On a imaginé un genre d'armement et de transpositions relativement peu coûteux, pour permettre d'exploiter le nombre maximum de systèmes du type D sur les circuits portés par les mêmes appuis. La disposition adoptée pour les fils permet d'appliquer le type D sur les circuits portés par chacune des quatre traverses, et, quand elle concerne des lignes sur lesquelles on n'exploite aucun autre type différent de téléphonie par courants porteurs, elle permet

l'emploi des systèmes du type D sur toutes les paires de conducteurs, à l'exception de celles qui sont constituées par les deux fils qui, sur chaque traverse, sont placés de part et d'autre du poteau. Avec de légères modifications, ce type de transpositions permet l'exploitation simultanée : 1^o de deux systèmes de téléphonie par courants porteurs à voie triple du type C-S, chacun d'eux utilisant respectivement l'une des paires, formant les combinés des deux extrémités de la traverse supérieure, et 2^o soit d'un système de télégraphie par courants porteurs, soit d'un système de téléphonie par courants porteurs du type D-A, utilisant la seconde paire des groupes combinés précités. On peut également exploiter les systèmes du type D-A sur toutes les autres paires de la ligne, à l'exception du circuit qui, sur chaque traverse, a ses fils placés de part et d'autre du poteau. Des systèmes télégraphiques à courants porteurs peuvent, en général, être exploités sur une ou plusieurs des paires contiguës aux poteaux. Par conséquent, le premier mode de transpositions, pour le système fondamental, permet le fonctionnement d'un ensemble de seize systèmes du type D sur une ligne à quatre traverses et à quarante fils, et le second mode, s'appliquant aux lignes de plus grande longueur, permet le fonctionnement de deux systèmes téléphoniques par courants porteurs à trois voies, de quatorze systèmes du type D-A et en plus, dans des cas favorables, de quatre systèmes télégraphiques par courants porteurs à dix voies chacun, sur les paires contiguës au poteau, qui sont en outre appropriées pour donner chacune un circuit téléphonique ordinaire et deux lignes télégraphiques avec retour par le sol. La figure 3 fournit une illustration des facilités de communications que l'on peut se procurer sur les quatre traverses.

Caractéristiques de l'équipement et installations types. — L'équipement du type D fondamental a été divisé en cinq groupes principaux : la signalisation, le dispositif de modulation et de démodulation, le filtre de bande du modulateur, le filtre de bande du démodulateur, et le filtre de ligne. L'appareillage de chacune de ces unités est rassemblé sur un panneau large de 48 centimètres et de hauteur suffisante pour offrir l'espace nécessaire au montage.

Ces panneaux sont montés sur un bâti et reliés entre eux comme il convient. Les connexions, qui doivent être amenées en des points extérieurs, sont groupées sur une réglette terminale, placée au sommet du bâti. Il ne reste plus, au moment où l'on doit se servir de l'installation, qu'à relier les bornes respectives de cette réglette au répartiteur et aux sources de courant.

La figure 5 montre un modèle d'assemblage des éléments constituant le dispositif terminal du type D. Ce modèle est monté sur un bâti fixé au plancher de la salle. Ce bâti a environ 2^m,15 de haut et est muni de tout l'équipement terminal du système à courants porteurs, à l'exception des sources de courant. Les deux boîtes qu'on aperçoit au bas du bâti contiennent les filtres de bande. Juste au dessus de ces derniers, se trouvent, dans l'ordre où nous les nommons, l'ensemble modulateur et démodulateur, l'appareillage de signalisation, les relais de réglage, et le panneau des jacks. Au dessus de ce dernier, sont les filtres de ligne et un dispositif d'équilibrage qui sert lorsqu'on emploie des répéteurs sur le circuit exploité par fréquences vocales et auquel on a superposé le système à hautes fréquences porteuses, comme aussi lorsque des répéteurs se trouvent intercalés sur la propre voie fournie par le système à courants porteurs. Ce modèle particulier d'assemblage est surtout avantageux dans les installations temporaires et dans les bureaux à plafond bas. Dans les salles de superficie réduite, on emploie de préférence un bâti de 3^m,50 de haut sur lequel est rassemblé l'équipement destiné à deux installations terminales du type D.

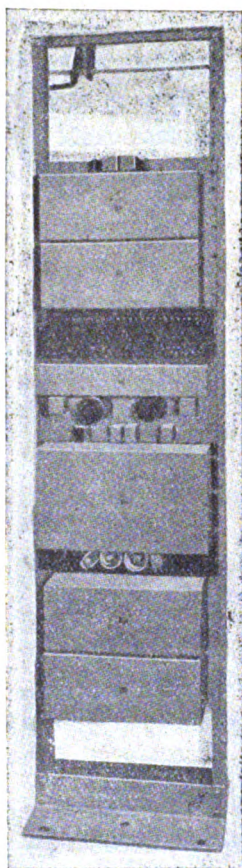


Fig. 5. — Modèle de dispositif terminal du système du type D, monté sur un bâti fixé au plancher.

Un modèle similaire a été construit pour le groupement des organes d'un système du type D-A ; mais, dans ce cas, on doit ajouter à l'appareillage mentionné ci-dessus un amplificateur et un panneau sur lequel est monté un filtre auxiliaire.

Grâce aux caractéristiques nouvelles introduites dans la composition de ses organes et dans son montage, qui ont permis de réaliser un modèle muni de son équipement complet et pouvant être facilement installé sur une ligne sans le secours de spécialistes, le type D permet de se procurer rapidement de nouvelles liaisons

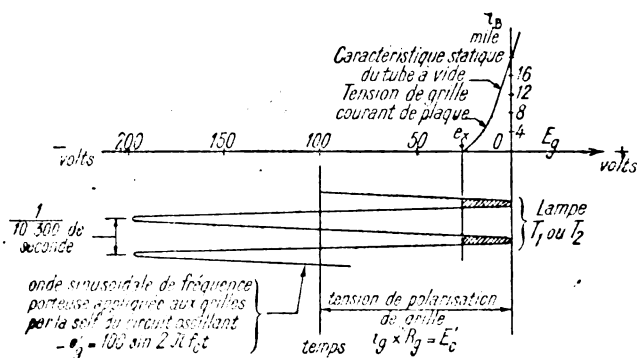


Fig. 6. — Relation approchée entre la caractéristique de la lampe et la tension de grille dans le modulateur auto-oscillant.

téléphoniques et, en cas de besoin urgent et temporaire, d'augmenter les facilités de communication entre deux points ; il peut être transféré, tout monté et prêt à fonctionner, d'un bureau dans un autre. Les compagnies de téléphones ont déjà eu l'occasion de tirer parti de ce dernier avantage, notamment lors des récentes inondations qui ont sévi sur la Nouvelle-Angleterre. Dans une autre circonstance, où le renversement d'une ligne, dans l'Etat de New-York, amena une interruption de service sur la voie normale, on transféra rapidement d'un bureau dans un autre deux de ces dispositifs terminaux et, grâce à eux, on put augmenter les facilités de communication vers le second bureau. Un grand nombre d'occasions d'utiliser l'équipement du type D ont été fournies par le jaillissement soudain, en certaines régions, de sources pétrolifères. Bien que ce soient là des circonstances exceptionnelles, dans lesquelles le système ne trouve

qu'un faible champ d'application, il n'en est pas moins vrai que, dans des cas semblables, il peut offrir des avantages d'une importance parfois considérable. Mais la principale utilité du système est de procurer des voies de communication supplémentaires exigées

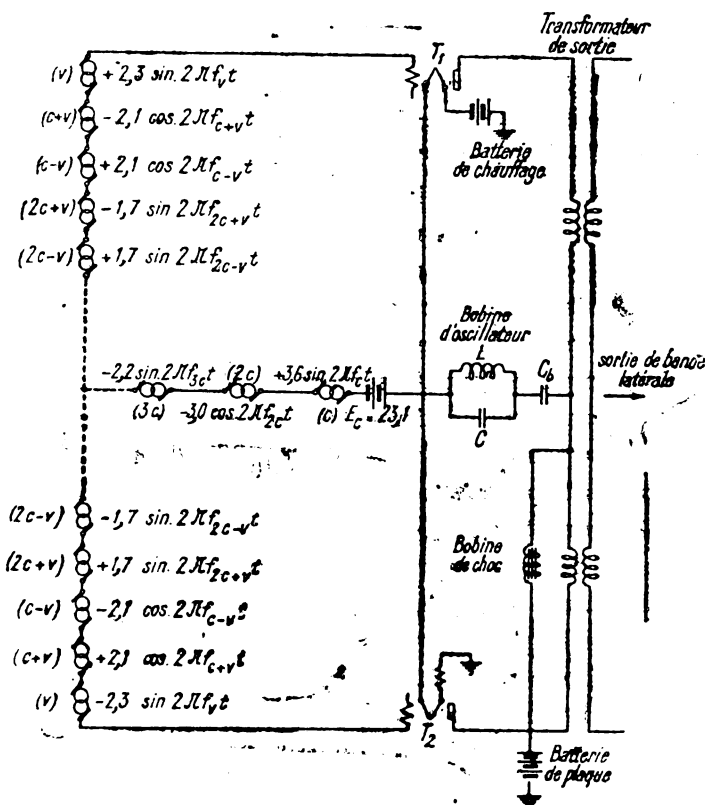


Fig. 7. — Diagramme des tensions qui, si elles sont appliquées aux grilles comme l'indique la figure, produisent le même effet, dans le circuit de plaque, que les tensions des courants porteurs et de conversation dans le modulateur de la figure 2.

par un accroissement permanent du trafic, partout où il sera plus économique d'atteindre ce résultat en installant ledit système sur les lignes existantes que d'avoir recours à la pose de nouveaux fils.

Conclusions. — La réalisation du système du type D constitue, pour la technique de la téléphonie par courants porteurs, un réel

progrès, parce que ce système peut être avantageusement appliqué sur des circuits beaucoup plus courts que par le passé, tout en gardant une supériorité économique. Les systèmes du type D actuellement en service fonctionnent en majorité sur des distances comprises dans les limites de 120 à 300 kilomètres environ ; toutefois, certaines conditions favorables ont permis de les utiliser sur des distances n'atteignant que 80 kilomètres. La distance exacte au delà de laquelle il est plus économique d'employer ce système que de poser des circuits métalliques supplémentaires dépend évidemment des conditions particulières à chaque cas. Les économies réalisées augmentent très rapidement à mesure que les distances sont plus grandes et se rapprochent de la limite de fonctionnement pour laquelle le système est conçu.

Le rendement du type D est comparable à celui d'un circuit métallique correspondant. Ainsi qu'on l'a déjà dit ci-dessus, l'équipement est réuni sous une forme très bien adaptée à toutes les exigences des bureaux et permettant, en cas d'urgence, de transférer les dispositifs terminaux tout montés d'un bureau dans un autre.

Au 1^{er} juin 1928, il y avait aux Etats-Unis, fonctionnant d'une manière satisfaisante, environ 125 installations téléphoniques à courants porteurs du type D. Ce nombre sera porté sous peu à 225. Il est à présumer que ce système offrira à l'avenir un champ d'application encore plus vaste, étant donné les besoins croissants en circuits aériens interurbains à petite distance.

BREVETS D'INVENTION.

TÉLÉGRAPHIE.

657.861. Système de reproduction à distance des indications des appareils servant à mesurer les débits de courant avec graduation émettrice quadratique et graduation réceptrice linéaire comportant emploi d'une résistance à friction (Martin Böhme, Allemagne).

TÉLÉPHONIE.

657.642. Perfectionnements aux systèmes de signalisation par ondes électriques (Le Matériel téléphonique, France).

657.827. Disposition pour éliminer les perturbations inductives produites sur les lignes téléphoniques par les courants industriels obtenus avec des redresseurs à mercure ou d'autre type (Arturo Perego, Italie).

L'enroulement primaire variable d'un transformateur est disposé, en série avec un condensateur réglable, entre le conducteur du courant perturbateur et la terre; le secondaire, également variable, en série avec un condensateur réglable, est disposé entre la terre et un point intermédiaire réglable sur une bobine différentielle, montée en dérivation sur la ligne téléphonique perturbée.

657.986. Perfectionnements aux disques numéroteurs utilisés en téléphonie automatique (Le Matériel téléphonique, France).

658.176. Dispositif dérouleur-enrouleur pour fils d'appareils téléphoniques et autres (M^{me} Benoist, née Suzanne Maillard, France).

658.366. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques pour communications entre bureaux centraux (Le Matériel téléphonique, France).

658.377. Perfectionnements aux mécanismes interrupteurs de circuits électriques pour la téléphonie automatique (Le Matériel téléphonique, France).

658.403. Perfectionnements aux systèmes électriques de signalisation (Le Matériel téléphonique, France).

658.404. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques ou semi-automatiques (Le Matériel téléphonique, France).

658.425. Microphone perfectionné (Columbia Graphophone Company, Angleterre).

TRANSMISSION DES IMAGES.

658.372. Perfectionnements à la télégraphie des images et analogues (Marconi's Wireless Telegraph Company, Angleterre).

RADIOCOMMUNICATIONS.

657.558. Perfectionnements aux postes récepteurs de T.S.F. (Jean-Paul Lévy dit J.-L. Ménars, France).

657.655. Dispositif protecteur des lampes employées en télégraphie et téléphonie sans fil (Etablissements Eymar frères, France).

657.899. Appareil sélecteur d'alarme (Louis-Lucien-Eugène Chauveau, France).

657.906. Impédance réglable pour récepteurs de télégraphie et téléphonie sans fil et autres usages (invention R. Barthélemy) (Société des Etablissements Péricaud, France).

657.915. Perfectionnements aux récepteurs changeurs de fréquence (René-Georges Merle et Société dite : Société anonyme l'Équipement électrique, France).

657.919. Perfectionnements aux condensateurs réglables et à leur commande pour appareils de T.S.F. et autres applications (Paul Largeot, France).

658.009. Procédé pour la transmission de nouvelles radiophoniques avec modulation simultanée de l'onde porteuse, comme amplitude et comme fréquence (Otto Tants, Allemagne).

658.039. Appareil récepteur de T.S.F. (Société dite : N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Pays-Bas).

658.049. Perfectionnements aux valves thermoioniques (Marconi's Wireless Telegraph Company, Angleterre).

658.058. Perfectionnements aux éléments émetteurs d'électrons pour dispositifs à décharge électronique et à leur procédé de fabrication (Le Matériel téléphonique, France).

658.073. Appareil récepteur de T.S.F. pouvant être adapté à volonté à l'alimentation en courant continu ou en courant alternatif (N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Pays-Bas).

658.086. Perfectionnements apportés aux installations de télégraphie sans fil (Constructions d'appareillages et spécialités électriques (C.A.S.E.), France).

658.088. Perfectionnements apportés aux tubes thermoioniques (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

658.093. Antenne étanche pour rechercher, capter et transmettre des signaux au poste récepteur des sous-marins en plongée (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Allemagne).

658.102. Perfectionnement aux antennes (Trico Products Corporation, Etats-Unis).

658.295. Perfectionnements aux dispositifs modificateurs de fréquences pour ondes électriques (Le Matériel téléphonique, France).

658.365. Perfectionnements aux systèmes électriques de signalisation (Le Matériel téléphonique, France).

658.399. Perfectionnements apportés aux appareils destinés à amplifier les variations électriques (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

658.460. Perfectionnements aux tubes à décharges d'électrons (Westinghouse Electric and Manufacturing Company, Etats-Unis).

658.499. Systèmes de transmission d'ondes électriques assurant le secret des communications (Le Matériel téléphonique, France).

658.599. Procédé et appareils pour réaliser la variation de la longueur d'onde propre d'un cadre récepteur ou émetteur d'ondes électromagnétiques (Ernest Alexander Tubbs, Danemark).

658.679. Perfectionnements aux moteurs de diffuseurs et haut-parleurs (Jacques Tricou, France).

658.687. Dispositif permettant les réceptions de T.S.F. sur cadre non orientable (Lux-radio, France).

34.351. Dispositif électromagnétique pour écouteur, haut-parleur ou diffuseur (Ernest-Auguste Deneau, France) (1^{re} addition au brevet n° 639.779.)

34.386. Cadre pliant pour postes récepteurs de T.S.F. (invention Robert Frerot) (Etablissements J. Noel et J. Michau, France) (1^{re} addition au brevet n° 640.971).

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Un appareil destiné à mesurer les petites amplitudes des vibrations (Sir William BRAGG, *Journal of scientific instruments*, juin 1929). — Il y a environ une douzaine d'années, j'ai eu l'occasion de mesurer les très petites amplitudes des mouvements vibratoires de diaphragmes et, dans ce but, je me suis servi d'un dispositif assez simple. Mon ami, le docteur A.B. Wood.

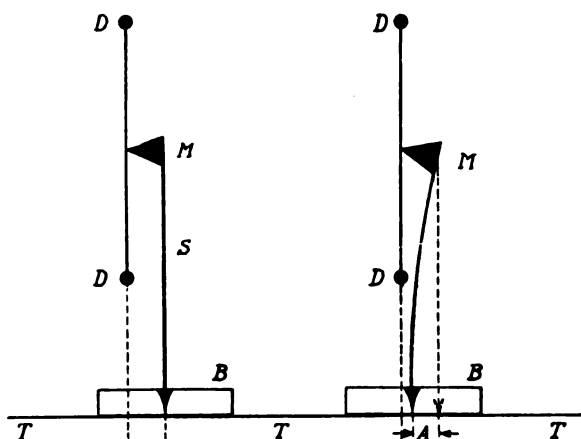


Fig. 1.

Fig. 2.

désire parler de ce dispositif dans un livre qu'il doit publier prochainement. Autant qu'il me souvienne, il n'a jamais été publié, sous une forme accessible, de description du dispositif en question et c'est pourquoi je donne, à ce sujet, dans les lignes suivantes, quelques explications qui, je l'espère, ne seront pas trouvées superflues.

Considérons la figure 1, sur laquelle DD représente le diaphragme et M une masse montée sur un ressort S. Ce dernier est porté par un socle B que l'on peut déplacer le long de la droite TT. La période propre de vibration de la masse M, placée à l'extrémité du ressort,

est de beaucoup supérieure à la période propre de vibration du diaphragme. Supposons qu'elle soit p fois plus grande.

Supposons que le socle B soit déplacé le long de TT jusqu'à ce que la masse M vienne juste toucher le diaphragme. On peut s'assurer, par un procédé électrique, que cette condition est réalisée. Supposons maintenant que l'on mette le diaphragme en vibration ; il se produira aussitôt un bruissement, dû aux chocs successifs de la masse et du diaphragme. Déplaçons ensuite le socle B le long de T T ⁽¹⁾, jusqu'à ce que le bruit cesse (figure 2). Désignons par A la grandeur de ce déplacement. L'amplitude des vibrations du diaphragme est égale alors à A/p^2 , à une première approximation généralement très suffisante.

En effet, représentons par $x = a \sin nt$ le mouvement du point du diaphragme en contact avec M ⁽²⁾. L'accélération maximum du diaphragme vers la gauche a pour valeur an^2 , et ce maximum est atteint au moment où le diaphragme est dans sa position extrême vers la droite de la figure.

Si la force que le ressort exerce sur M est suffisante pour donner à M une accélération égale à an^2 , aucune séparation n'aura lieu entre M et le diaphragme. Cette accélération peut être prise égale à $F.A/M$, où F est une constante. Elle est, en fait, égale à $F(A+a)$; mais, dans la pratique, a est très petit vis à vis de A .

Maintenant, si le mouvement libre du système MS est exprimé par $y = A \sin NT$,

nous avons : $F = MN^2$. ⁽³⁾

Le bruissement cesse donc quand on a :

$$an^2 = F A / M = A N^2,$$

ou $a = A / p^2$.

Il existe un cas particulier qui pourra être jugé intéressant. Quand des objets reposent par gravité sur une surface vibrante dont

1. Vers la gauche de la figure.

2. Dans les conditions supposées, la masse M reste constamment en contact avec le diaphragme.

3. Cette équation est posée en vue d'introduire la pulsation propre N du système MS , mais il faut observer que ce n'est pas ce mouvement libre que prend M dans les conditions de l'expérience (N.d.l.r).

on peut représenter le mouvement par $a \sin nt$, ces objets tressautent si an^2 est plus grand que g (accélération de la pesanteur). Le poids de l'objet n'intervient pas dans le phénomène. On peut en trouver une illustration en observant comment se comportent des objets posés sur la plaque vibrante de l'expérience de Chladni. Nous sommes tenté de croire, malgré l'expérience de Galilée, que, si une charrette est cahotée sur une mauvaise route, les personnes les plus légères ont plus de peine à demeurer sur leur siège que les plus lourdes !

INFORMATIONS.

Poste aérienne. — Depuis le 12 août dernier, la ligne aérienne Biarritz—Madrid peut être utilisée, concurremment avec celles qui partent de Toulouse, de Marseille et de Bordeaux vers l'Espagne et le Maroc, pour l'acheminement des correspondances à destination de l'Espagne.

La ligne aérienne de Buenos-Aires à Santiago du Chili prolonge maintenant la ligne aéro-maritime France—Amérique du sud pour l'acheminement des correspondances françaises à destination du Chili.

Depuis le 20 août, la ligne aérienne Moscou—Irkoutsk—Verkh-néoudinsk—Ourga prolonge la ligne Paris—Berlin—Moscou pour le transport des correspondances destinées à la Sibérie, à la Chine, au Japon et aux îles Philippines. La section Irkoutsk—Verkhnéoudinsk est actuellement desservie par chemin de fer. Le service entre Moscou et Irkoutsk sera interrompu à partir du 3 novembre.

Nouveaux timbres-poste français. — Les trois timbres suivants, avec surtaxe au profit de la Caisse d'amortissement, sont en vente depuis le 1^{er} octobre :

- 40^c + 10^c, vert, Semeuse à fond mat ;
- 50^c + 25^c, rouge, Semeuse à fond azuré ;
- 1^l,50 + 50^c, marron, Pasteur.

Congrès national de la radiodiffusion. — Dans une réunion tenue au siège du Comité d'action économique et douanière, où étaient représentés les divers milieux qui s'intéressent aux problèmes de la radiodiffusion, il a été décidé de convoquer, pour le milieu de novembre prochain, un congrès national de la radiodiffusion, en vue d'examiner toutes les questions qui se posent dans notre

pays au sujet de cette branche nouvelle et si considérable de l'activité humaine.

MM. Germain Martin, sous-secrétaire d'Etat aux P.T.T. et François Poncet, sous-secrétaire d'Etat aux Beaux-Arts et à l'Enseignement technique, ont accepté la présidence d'honneur du congrès, dont la présidence effective est assumée par M. J.-H. Ricard, ancien ministre, et le rapport général par M. Paul Mantoux, directeur du Comité d'action économique et douanière. Les travaux seront répartis entre quatre sections : questions techniques, questions économiques, questions intellectuelles, questions juridiques et législatives.

Renseignements statistiques sur l'exploitation postale en Suisse en 1928 (Extrait du rapport de gestion de l'administration des Postes suisses). — L'augmentation soutenue du trafic, dont il a pu être parlé dans le rapport de 1927, s'est maintenue en 1928, quoique dans une mesure un peu moins marquée.

Comme l'année précédente, c'est le service des voyageurs qui, à cet égard, vient en tête en accusant de nouveau une avance de près de 30 %. Il est notoire, cependant, que la poste a, elle aussi, perdu beaucoup de voyageurs qui possèdent maintenant leurs automobiles en propre. Le fait que, malgré cela, le nombre des usagers des courses postales s'est pareillement accru, prouve que le chiffre de ces pertes est demeuré bien au dessous de celui des nouveaux clients que la poste a réussi à s'assurer. Ceux-ci ont largement compensé ceux-là.

Le nombre des exemplaires de périodiques transportés à la taxe des journaux a atteint 347 millions, contre 335 en 1927. Il a augmenté d'environ 15 % depuis 1924, c'est-à-dire depuis que cette taxe a été réduite.

Parallèlement à l'accroissement général du trafic, les recettes ont aussi continué d'augmenter. Cependant, dix mois seulement, et non plus les douze, accusent en 1928 des recettes supérieures aux mois correspondants de l'année précédente. Ces recettes ont été, pour le premier semestre, de 3.421.309 francs, pour le second, de 2.099.930 francs, soit ensemble de 5.521.239 francs plus fortes qu'en 1927.

Le produit de la vente des timbres-poste et des affranchissements en numéraire, qui atteignit, en 1923, 100 millions de francs en nombre rond, a augmenté dès lors, chaque année, dans la proportion suivante :

1928	1927	1926	1925	1924	1924-1928 ensemble
4,3 %	5,9 %	1,9 %	2,1 %	4,3 %	18,5 %

Les autres recettes d'exploitation, dont le montant fut, en 1923, d'environ 16 millions de francs, ont subi, comparées de la même manière, les fluctuations annuelles ci-après :

1928	1927	1926	1925	1924	1924-1928 ensemble
8,0 %	9,4 %	—2,5 %	7,5 %	21,2 %	43,6 %

Les forts écarts entre les chiffres de chacun de ces tableaux soulignent de façon frappante la relation de dépendance entre les recettes postales et la situation générale des affaires. Une différence de 1 % seulement en plus ou en moins représente déjà une augmentation ou une diminution de recettes de 1,4 millions. Comme ces différences peuvent difficilement être prévues six mois à l'avance, la concordance entre la réalité et le résultat financier escompté, fût-ce à l'aide du plus prudent des budgets, demeure toujours un jouet du hasard. Il peut arriver parfois qu'un bénéfice supputé subisse des fluctuations importantes, et l'on doit s'estimer heureux lorsque en définitive la surprise est agréable.

En regard de l'importante plus-value des recettes, figure aussi, en 1928, un relèvement des dépenses, qui bien qu'inférieur à celui de l'année précédente, est cependant encore assez sensible. Il est de 2.560.475 francs et provient, en partie, des dépenses supplémentaires nécessitées par l'augmentation du trafic et, pour le reste, de nouvelles dépenses exceptionnelles concernant le personnel qui, cette fois-ci, sont consécutives à l'entrée en vigueur de la nouvelle loi sur les traitements. L'augmentation des dépenses pour le personnel atteint le chiffre de 1.145.369 francs.

Le coefficient d'exploitation, c'est-à-dire le chiffre des dépenses par 100 francs de recettes, a été le suivant pour les huit dernières années :

1928	1927	1926	1925	1924	1923	1922	1921
87,32	88,98	89,52	90,57	91,28	95,31	102,61	115,29

Il est à remarquer à ce sujet que, contrairement à ce qui se passe aux chemins de fer et au téléphone, la nature de l'exploitation postale exige relativement beaucoup de bras et peu de capitaux ; normalement, le coefficient d'exploitation doit donc être plus élevé pour la poste que pour les deux autres entreprises.

Le compte d'exploitation accuse un excédent de recettes de 17.938.503 francs, contre 14.977.829 francs en 1927.

Comparés par semestres, les résultats d'exploitation de ces dernières années se présentent comme il suit, en millions de francs :

	Excédents annuels.	Pour le 1 ^{er} semestre.	Pour le 2 ^e semestre.	Différence en faveur du 2 ^e semestre.
1923	5,4	—1,2 = — 22,5 °/o	6,7 = 122,5 °/o	7,9
1924	10,8	1,8 = 16,4 °/o	9,0 = 83,6 °/o	7,2
1925	11,9	1,7 = 14,3 °/o	10,2 = 85,7 °/o	8,5
1926	13,4	3,3 = 24,5 °/o	10,1 = 75,5 °/o	6,8
1927	14,8	2,9 = 19,4 °/o	12,0 = 80,6 °/o	9,1
1928	17,9	4,8 = 26,8 °/o	13,1 = 73,2 °/o	8,3

Le compte de profits et pertes, après déduction des postes débiteurs, présente pour la caisse d'Etat un bénéfice net un peu supérieur à celui de l'an dernier. Ce bénéfice a été, pour les six dernières années, en millions de francs :

1928	1927	1926	1925	1924	1923
7,3	5,9	5,5	4,6	3,9	0,3

Les principaux postes débiteurs du compte de profits et pertes, qui réduisent l'excédent du compte d'exploitation, sont :

	1928	1927
Intérêts du capital emprunté	1.203.333	1.621.846
Prélèvement ordinaire pour le compte d'amortissement	2.988.094	2.753.843
Amortissement extraordinaire sur bâtiments.....	2.000.000	3.000.000
Réserve pour déficit de la caisse d'assurance.....	2.000.000	
Versement au fonds de réserves	2.240.491	1.754.181
Report à compte nouveau	703.561	701.582

Renseignements statistiques sur l'exploitation télégraphique et téléphonique en Suisse en 1928 (Extrait du rapport de gestion de l'administration des Télégraphes et des Télé-

phones suisses). — Le chiffre de trafic et d'affaires réalisé en 1928 montre que le degré d'occupation s'est amélioré dans d'importantes industries nationales et que le mouvement touristique s'est développé très heureusement grâce à la stabilisation monétaire. D'autre part, les espoirs que l'on fondait sur l'extension rationnelle des lignes de câbles interurbains qui, maintenant, sillonnent notre pays en tous sens, commencent à se réaliser. L'excellence et le bon marché du téléphone favorisent puissamment l'échange des idées, et la réclame contribue à faire de cette institution un précieux instrument dans le domaine de la concurrence économique.

Mais ce développement a aussi un revers : c'est la marche régressive du télégraphe, qui, en dépit des derniers perfectionnements techniques dont il est doté, n'est plus en mesure de soutenir la concurrence du téléphone. Le nombre des télégrammes intérieurs n'atteint plus que la moitié du chiffre d'avant-guerre ; il est même inférieur à celui de 1870.

Nombre en millions :

1928	1927	1926	1925	1924	1922	1914	1870
0,96	0,98	1,02	1,14	1,21	1,35	1,73	1,13

C'est à son bon fonctionnement dans toutes les relations européennes que le téléphone doit la confiance croissante qu'on lui témoigne : aussi commence-t-il à surpasser le télégraphe également dans le domaine international, où les communications télégraphiques se maintiennent au même niveau depuis plusieurs années. Depuis le mois d'octobre 1928, le nombre des conversations internationales est supérieur au nombre des télégrammes internationaux.

Nombre de télégrammes internationaux en millions :

1928	1927	1926	1925	1924	1923	1922	1913
3,91	3,94	3,85	3,96	3,88	3,40	3,27	3,18

Nombre de conversations internationales en millions :

3,53	3,09	3,00	2,79	2,68	2,21	2,26	0,94
------	------	------	------	------	------	------	------

Pris dans son ensemble, le trafic télégraphique, y compris le trafic de la Radio-Suisse S.A., est de 1 % et son produit brut de 3 % inférieur aux chiffres de l'année précédente.

Ce qui caractérise avant tout le développement du téléphone, c'est l'augmentation du nombre des abonnés, laquelle porte sur 13.806 raccordements principaux, dont 6.700 environ sont certainement dus à la réclame. Cette augmentation, égale à 75 % de la moyenne de plusieurs années, est triple du développement d'avant-guerre. 5.350 (5.480 en 1927) abonnés ont résilié leur contrat, mais ils ont été remplacés par 19.156 (15.253 en 1927) nouveaux abonnés. Si l'on table sur l'effectif de 100.000 abonnés atteint en 1919, on obtient, en pour cent, les augmentations annuelles suivantes :

1928	1927	1926	1925	1924	1923	1922	1922-1928 ensemble
13,8	9,77	7,93	7,71	7,74	8,42	5,92	61,29

Le nombre des postes téléphoniques a augmenté de 20.651, ce qui représente le double de la moyenne de ces dernières années. Les augmentations accusent en milliers :

20,6	13,1	10,3	10,8	9,1	10,4	7,2	81,5
------	------	------	------	-----	------	-----	------

L'importance du téléphone en tant que facteur économique s'accroît du fait que l'indice du coût des conversations (136 % sur la base de 100 en 1914) est très bas comparé à l'indice des prix de gros et l'indice du coût de la vie (145 et 162). Ce bon marché a fait apprécier encore davantage le service téléphonique et explique pourquoi la courbe des conversations se développe parallèlement à celle des postes téléphoniques. Si l'on prend pour base le trafic de 1918, année où il a été échangé 100 millions de conversations, on obtient, en pour cent, les augmentations annuelles suivantes :

1928	1927	1926	1925	1924	1923	1922	1922-1928 ensemble
17,66	13,53	8,40	7,21	11,84	7,87	7,59	74,10

Ce développement a été obtenu malgré les réductions de taxe appliquées en cours d'exercice et dont l'effet peut être évalué à une perte de 1,1 million de francs. On peut donc espérer que le produit brut continuera d'être favorable à l'avenir si la situation économique générale reste normale. Exprimées en millions de francs, les augmentations annuelles de ce produit ont été les suivantes :

5,04	3,04	3,02	2,76	2,63	2,51	1,50	20,50
------	------	------	------	------	------	------	-------

Le coefficient d'exploitation, c'est-à-dire le pour cent des dépenses d'exploitation par rapport aux recettes d'exploitation, était

	en 1928	1927	1926	1924	1922
au téléphone, de	44,76	47,57	45,53	46,74	52,56
au télégraphe, de	103,80	103,75	108,37	138,25	147,17
Total	50,22	53,53	52,49	58,24	64,09

Le compte d'exploitation, télégraphe et téléphone ensemble se solde par un excédent de recettes de 35.424.946 fr., contre 30.953.099 francs en 1927.

En regard de cet excédent figurent, comme postes débiteurs principaux, au compte de profits et pertes, les intérêts du capital de dotation et les versements au compte d'amortissement. L'accroissement constant du capital de dotation, qui se stabilisera sous peu grâce au fait que l'administration couvrira elle-même ses besoins de trésorerie, a exigé les charges d'intérêt suivantes, exprimées en millions de francs.

1928 (5,5°/o)	1927 (5,5°/o)	1926 (5,5°/o)	1925 (5,5°/o)	1924 (4,5°/o)	1923 (5°/o)
13,5	13,1	12,7	11,8	9,1	9,5

Les versements au compte d'amortissement devront être notablement augmentés à l'avenir afin de réduire les valeurs d'établissement fortement majorées par les prix élevés du matériel acheté dans la période d'après-guerre. De 1918 à 1920, les prix du principal matériel téléphonique de construction ont oscillé entre 300-400 % (1914 = 100), alors qu'actuellement ils sont adaptés à l'indice des prix de gros (145). Certaines grandes constructions, exécutées en vue d'atténuer la crise de chômage, ont coûté très cher. La moins-value qui s'est produite sera amortie pour la première fois au moyen des versements de 1928. Les amortissements annuels se sont élevés, en millions de francs, à :

1928	1927	1926	1925	1924	1923
18,9	15,1	17,1	14,5	14,7	13,9

Après déduction de toutes les charges, le compte de profits et pertes se solde par un bénéfice net de 2.695.820 francs, contre 2.599.359 francs en 1927. Ce solde actif passe au compte d'Etat.

Etabli séparément pour les deux branches de service, le compte présente, pour le téléphone, un bénéfice de 4.441.639 francs, contre 4.283.074 francs en 1927, et, pour le télégraphe, un déficit de 1.745.819 francs, contre 1.683.715 francs en 1927. Supprimer ce déficit n'est pas un problème facile à résoudre, et il convient d'en poursuivre l'étude. Il se pose du reste dans bon nombre d'autres pays et préoccupe presque toutes les administrations télégraphiques européennes, qui, pour une part, sont aux prises avec une disproportion beaucoup plus accentuée encore entre les dépenses et les recettes. Grâce aux importantes modifications qui ont été réalisées, le déficit actuel est toutefois de 2,6 millions de francs inférieur à celui de 1922.

La valeur nette d'établissement s'est accrue des sommes suivantes, exprimées en millions de francs :

	1928	1927	1926	1925
Valeur de premier établissement	409,7	391,9	377,1	348,0
Montant de l'amortissement	139,1	128,5	123,2	114,0
Valeur nette d'établissement.....	270,6	263,4	253,9	231,0
Plus les sommes suivantes engagées dans les réserves de matériel	11,1	12,6	15,9	16,9
Le capital de dotation se montait à	274,3	270,6	267,4	245,2

Les travaux de construction les plus importants ont consisté à achever la pose du câble Zurich-Chiasso par le Gothard ; ils ont absorbé une somme de 6 millions de francs.

Les origines de la poste au Japon. — Vers 1660, existait au Japon une entreprise privée de messageries qui s'appelait Santo Yubinkiaku. Les marchands japonais avaient déjà, depuis longtemps, organisé entre eux une sorte de poste, en formant des associations dont le but était l'échange de la correspondance commerciale entre leurs membres. Tous les commerçants d'une ville rassemblaient en commun les lettres et paquets à expédier et, suivant l'importance des objets de correspondance, ils en faisaient assurer le transport par leurs propres préposés, dans des délais plus ou moins courts. Les courriers rapides ou « exprès » transportaient exclusivement des lettres. Le paquet de lettres attaché au bout d'un bâton qu'il portait sur l'épaule, le messenger se rendait en courant à toutes jambes jus-

qu'au poste d'échange le plus proche, généralement à environ 4^{km},500 du précédent. Au poste d'étape, le paquet de lettres était immédiatement remis à un second courrier à pied, qui se hâtait à son tour de gagner le poste suivant. De poste en poste, le paquet était ainsi transporté jusqu'au point terminus. En dehors de leurs correspondances commerciales, les corporations de marchands acceptaient, moyennant une rémunération particulière, de se charger de la transmission des lettres privées. Une lettre à transporter de Tokyo à Osaka coûtait alors une somme équivalente à 10 francs français d'aujourd'hui. Les « exprès » accomplissaient un tel parcours (environ 470 kilomètres) en trois jours. Les messagers ordinaires, qui transportaient sur des bêtes de somme des paquets spéciaux ou des marchandises peu encombrantes, mettaient environ 7 ou 8 jours pour effectuer le même trajet. Les « postes marchandes » n'assuraient le trafic qu'entre un nombre assez limité de villes importantes. Avant l'organisation d'une poste publique réglementée, il y avait pourtant déjà au Japon quelques organismes d'Etat chargés d'assurer un certain trafic de la correspondance. Avant la révolution de 1867, c'est-à-dire avant qu'ils ne fussent précipités du pouvoir, les Taikuns, anciens princes souverains héréditaires du Japon, s'étaient fait construire à Yeddo un palais où ils résidaient seulement pendant une partie de l'année. Lorsqu'ils retournaient faire un séjour dans leurs provinces, régions parfois assez inhospitalières, ils laissaient dans la capitale, afin d'y prendre soin de leur palais, un certain nombre de leurs serviteurs, ce qui les obligeait à entretenir avec eux, deux ou trois fois par mois, une certaine correspondance épistolaire relative aux besoins de leur cour. Pour remplir cette mission, des messagers spéciaux faisaient à certaines dates de l'année, la navette entre les provinces et la capitale. Les personnes n'exerçant aucun commerce pouvaient profiter de ces occasions pour faire transporter leur correspondance privée. Elles en faisaient la demande au régisseur du palais et de cette façon les particuliers avaient la satisfaction, si leur désir était exaucé, de voir leurs lettres transmises gratuitement aux destinataires.

Cette méthode, plutôt primitive, de transmission de la correspondance ne cessa qu'en 1871, année où les nombreux organismes de poste privée furent remplacés par une poste d'Etat orga-

nisée à l'européenne ou, pour parler plus exactement, à l'américaine, si l'on veut bien se rappeler que c'est à un fonctionnaire américain, J. M. Bryan, que le gouvernement japonais confia la tâche de créer et réglementer la nouvelle administration des postes du Japon.

On sait que le Japon a une assez grande superficie. Jusqu'à l'époque de sa grande révolution, il était divisé en onze gouvernements et en quatre-vingt-quatre provinces administrées par les daimos, et cette division reposait surtout sur les frontières naturelles et le développement historique des diverses régions. Après la révolution et les soulèvements concomitants qui prirent fin en 1877, l'empire japonais fut divisé en 44 régions, dont chacune correspond à environ deux des anciennes provinces, et ils eurent comme capitales Tokyo, Kioto et Osaka.

Au début de la nouvelle organisation, dans les provinces comprises dans les îles principales de Hondo (Nippon), Sikok et Kiou-Sou, le trafic s'exerçait de préférence par la grande route militaire traversant le Japon du Nord au Sud en passant par le centre de ces îles. Tous les chemins de second ordre, et notamment tous ceux qui traversaient les défilés montagneux, étaient si mauvais que les porteurs et les animaux de bât eux-mêmes ne pouvaient les utiliser qu'au prix de mille difficultés.

En 1878, le Japon entra dans l'union postale universelle et, depuis cette époque, il n'a pas cessé de développer et de perfectionner ses services postaux.

(Post-Zeitschrift, Berne).

BIBLIOGRAPHIE.

Das Rechnen mit Vektoren in der Elektrotechnik (Le calcul au moyen de vecteurs en électrotechnique), par A. LUNDHOLM. Stockholm, Centraltryckeriet, 1928. 1 vol. in-8° de 100 pages.

Ce tout petit volume contient l'essentiel d'une nouvelle méthode de calcul appelée, croyons-nous, à prendre une grande importance. Il est impossible dans une courte note de signaler tous les points intéressants de cet ouvrage, peut-être condensé à l'excès. En voici quelques-uns.

On connaît la décomposition géométrique, due à Fortescue, d'un système triphasé dyssymétrique en deux systèmes symétriques de sens inverse et un vecteur ordinaire. M. Lundholm introduit des notations spéciales désignant un système de trois vecteurs, soit dyssymétrique, soit symétrique et de sens déterminé, ce qui conduit à une méthode de calcul traduisant exactement les opérations géométriques du genre de celles de Fortescue sur systèmes triphasés.

Qu'il s'agisse de systèmes triphasés ou de vecteurs uniques, M. Lundholm les définit dans son calcul, non par leurs projections sur deux axes, mais par la quantité à définir et sa quantité conjuguée, réflexion de la première dans l'axe des x . Cette façon d'opérer, qui s'introduit peu à peu en électrotechnique, remonte en mathématiques pures à Hermite, et vient d'être l'objet tout récemment d'applications en physique théorique. Elle serre la réalité physique de plus près que la méthode cartésienne, en ce que la quantité vectorielle sur laquelle on opère ne disparaît jamais du calcul.

Enfin, à ces symboles, déjà très heureusement choisis et qui suffiraient à traiter d'une façon originale et intéressante les problèmes du régime permanent, M. Lundholm applique audacieusement le calcul de Heaviside, ce qui lui permet d'attaquer les pro-

blèmes du régime transitoire (court-circuit, oscillations des machines...) et de les conduire jusqu'à leur solution numérique.

Dans le premier chapitre, l'auteur expose les divers points de sa méthode de calcul. Dans le deuxième, il fait une étude approfondie de la machine synchrone triphasée, notamment en régime transitoire. Dans le troisième chapitre, il pose les équations d'autres types de machines : moteur asynchrone triphasé, moteur Krupp (à rotor intermédiaire), moteur asynchrone monophasé, machines à commutateur diverses, sans entrer à leur sujet dans le détail d'aucun problème, mais se contentant de donner, comme il le dit suivant une image très judicieusement empruntée au jeu d'échecs, des « débuts de partie ».

On a l'impression, en lisant ce petit ouvrage, d'être en présence d'un esprit d'une puissance peu commune et d'une modestie rare. L'extrême condensation de la matière gênera, il est fort à craindre, la diffusion de ces précieuses méthodes de calcul ; nous ne saurions trop engager ceux que ces questions intéressent à faire l'effort nécessaire pour acquérir le maniement des outils qu'a forgés M. Lundholm.

P. L. C.

Speech and hearing, par Harvey Fletscher. New York, D. van Nostrand Company. 1 vol. in-8° de 331 pages, avec 154 figures.

Dans cet ouvrage, M. Harvey Fletscher, dont le nom est familier à tous ceux qui se sont occupés d'acoustique et plus spécialement d'acoustique téléphonique, a donné l'essentiel des travaux qui ont été exécutés sous sa direction, pendant une quinzaine d'années, dans les Bell telephone laboratories. On sait la part prépondérante qu'a prise M. Fletscher dans toutes les recherches sur l'acoustique et la phonétique. Les résultats très complets auxquels elles ont abouti ont permis d'élucider complètement un grand nombre de points concernant la constitution des différents sons ou bruits et la mesure de la « qualité » des sons articulés. De nombreux articles ont déjà exposé ces études : le mérite de l'ouvrage actuel est de les grouper en un ensemble parfaitement cohérent, qui constitue une théorie du langage articulé et de l'audition.

La division en quatre parties correspond précisément aux quatre aspects principaux du problème général de la parole et de l'audition.

La première partie est une analyse du langage : elle comprend, d'une part, l'étude du mécanisme de la parole et, d'autre part, une analyse précise des caractéristiques de la parole en tant qu'ondes sonores complexes. L'allure générale des ondes vocales est expliquée par la décomposition au moyen de filtres et la recombinaison artificielle. Le mécanisme est rendu perceptible grâce à de nombreux oscillogrammes qui illustrent ce chapitre particulièrement instructif. Des renseignements détaillés du plus haut intérêt sont d'ailleurs donnés sur les procédés d'enregistrement, et, en particulier, sur les systèmes microphoniques, phonographiques et oscillographiques, suivant, transmettant et reproduisant avec une très grande fidélité les ondes étudiées. Ces études, en quelque sorte spectrographiques, sont d'ailleurs complétées par des indications précieuses sur l'énergie sonore correspondant aux différentes ondes vocales et sur la fréquence de répétition des ondes.

Par opposition avec les sons articulés, les sons musicaux et les bruits proprement dits font l'objet d'une partie spéciale de l'ouvrage (la seconde). L'auteur y résume les informations essentielles que la physique nous fournit sur la hauteur et l'intensité des sons produits par les principaux instruments de musique et sur les bruits, dont il importe de donner une définition précise.

A la description de la constitution des ondes sonores et à l'étude du mécanisme de leur production, les deux dernières parties, d'ailleurs les plus importantes du traité, font correspondre une étude détaillée du mécanisme de la perception et de l'audition. On sait que toute étude acoustique est naturellement fort complexe, car les phénomènes physiologiques de sensation et de perception se mêlent intimement aux phénomènes purement physiques, et que l'audition est, pour ainsi dire, délimitée par certains effets, tel que le minimum de perception (très variable d'un sujet à l'autre et d'une fréquence à une autre pour un même sujet), ou encore par l'effet de « masque » produit par la superposition de deux sons de constitution et d'intensité différentes, dont l'un peut, dans certaines conditions, empêcher complètement la perception de l'autre.

Cette question psychophysiologique de la perception ou, plus exactement, l'effet global résultant de la « reconnaissance » musicale pour les sons musicaux et de l'intelligibilité pour les sons de la parole, est examinée en détail dans la quatrième partie, où sont reproduites les courbes de la variation de l'intelligibilité en fonction de la distorsion, courbes familières maintenant aux téléphonistes, depuis la mise au point de la technique et de l'utilisation des filtres. Les méthodes de mesures, incertaines ou mal interprétées au début, ont maintenant acquis droit de cité dans la technique internationale, qui s'occupe d'en étendre les applications aux recherches comparatives en différentes langues, d'unifier les méthodes, et même de créer une méthode phonétique d'investigations valable pour les langages les plus divers.

Il est donc superflu de souligner ici toute l'importance des travaux de M. Fletscher, qui, en toutes ces matières, a été un des promoteurs de l'ensemble d'études à la fois téléphoniques et physiologiques dont nous voyons aujourd'hui le développement et l'épanouissement. Le présent livre, dont l'autorité s'impose pour toutes ces matières, sera d'ailleurs une source de précieuses références pour tous ceux (savants, théoriciens et praticiens) qui étudient la phonétique soit en elle-même, soit dans ses applications pratiques à la technique téléphonique.

P. C.

Le gérant :

HENRI DÉVÉ.

DOCUMENTATION.

Les analyses suivantes se rapportent à des articles parus dans les périodiques français et étrangers reçus par le Service d'études et de recherches techniques de l'administration des Postes et Télégraphes : elles sont rédigées par des fonctionnaires de ce service et signées de leurs initiales. Elles sont imprimées avec une pagination spéciale et sur un seul côté des feuillets de façon que l'on puisse, soit les relier à part, soit les découper pour en constituer un répertoire par fiches. Dans ce dernier cas, le classement en sera facilité par les nombres inscrits en tête des analyses, qui correspondent au classement décimal dont nous avons publié la table dans le numéro de janvier.

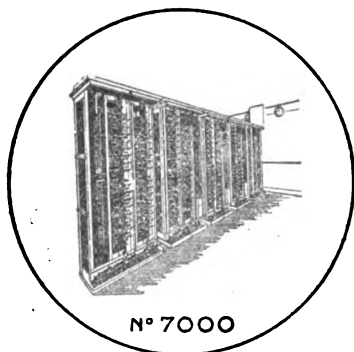
32. **Effet de la distorsion des signaux sur la qualité de la transmission au télégraphe Morse** (J. Hermann, *Bell System T. J.*, avril 1929). — L'auteur décrit des essais entrepris pour déterminer l'effet de la distorsion sur la qualité de la réception au parleur : ces essais ont montré qu'il était opportun de considérer trois types de distorsion : distorsion dyssymétrique, positive ou négative (les conditions de réception des courants positifs sont différentes de celles qui sont relatives aux courants négatifs), distorsion caractéristique positive ou négative (due au fait que la présence de la ligne et des organes électriques du système de transmission empêche que les courants n'atteignent instantanément dans l'appareil récepteur leur intensité définitive), enfin la distorsion fortuite (effet de courants parasites d'origines diverses). Un circuit spécial et un mode opératoire convenable ont permis de produire ces diverses distorsions avec des degrés d'intensité déterminés. La discussion des essais a comporté la comparaison de textes transmis et reçus et la détermination de la proportion des erreurs commises. Les observations des opérateurs ont été notées et comparées aux résultats statistiques. Chacun des types de distorsion produit des effets différents quant à la diminution de la qualité de réception. D'autre part il a été reconnu que l'opinion des opérateurs sur le degré de distorsion tolérable dans une transmission commerciale ne correspond aux conclusions de l'examen des erreurs de réception que dans le cas de certains types

de distorsion ; dans d'autres cas, il arrive par exemple que les conditions de travail paraissent absolument intolérables aux opérateurs et que cependant leur réception demeure correcte. Dans d'autres cas, les conditions de réception paraissent acceptables, mais de nombreuses confusions sont faites entre les signaux reçus. Les textes transmis étaient de difficulté moyenne (passages de livres écrits dans une langue étrangère.) L.-J. C.

36. **Le système de télégraphie harmonique de la société C. Lorenz** (W. Scheppmann et A. Eulenhöfer, *E.T.Z.*, 6 juin 1929). — Description sommaire des installations de télégraphie harmonique de la société Lorenz. Ces installations permettent l'emploi de dix fréquences porteuses échelonnées à partir de 375 pps et séparées les unes des autres de 150 pps. Les courants porteurs sont produits au moyen d'un petit alternateur produisant simultanément les dix fréquences : ils passent, avant d'entrer dans le câble, à travers un filtre. A l'extrémité réceptrice, les courants sont filtrés, amplifiés et redressés au moyen d'un redresseur à triode. L.-J. C.

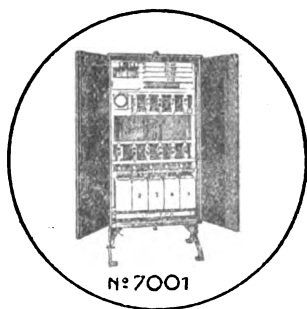
41. **Le développement de l'emploi des câbles téléphoniques en France au cours de ces dernières années** (*R. G. E.*, 18 mai 1929). — Extrait du rapport de M. E. Lafont, député, sur le budget des P.T.T. (*J. O.*, 16, 19, 23 avril 1929). Exposé des résultats obtenus dans la construction des câbles souterrains à grande distance et de ceux qui seront réalisés dans un bref délai. A. L.

INSTALLEZ LE téléphone automatique



N° 7000

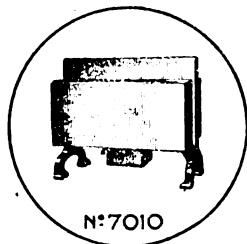
Nous construisons
4 Modèles de
commutateurs
automatiques :



N° 7001

N° 7010 - jusqu'à 20 lignes
N° 7001 - jusqu'à 70 lignes
N° 7000 - de 100 à 400 lignes.
N° 7BMSS - de 300 à 900 lignes.

Nous envoyons gratuitement sur
demande tous renseignements



N° 7010



"Le Matériel Téléphonique"

Société Anonyme au Capital de 150.000.000 de francs
46 AVENUE DE BRETEUIL PARIS. (VII^e)

41. Le câble à grande distance Bruxelles-Liège-Aix-la-Chapelle (Rihl, *Revue Siemens*, I, 1929). — Le câble proprement dit a été fabriqué par trois firmes différentes : afin de compenser les écarts entre les caractéristiques des longueurs livrées par les trois constructeurs, ces longueurs ont été mélangées dans chaque section de pupinisation suivant une proportion déterminée d'avance ; grâce à cette précaution, les conditions imposées par l'administration belge pour la diaphonie et pour la régularité de la courbe d'impédance ont été largement respectées.

R. B.

42. Résultats des expériences effectuées sur le câble Hannover-Wiedenbrück, pupinisé selon une nouvelle méthode avec une fréquence de coupure plus élevée et avec compensateurs de phase (K. Höpfner, *T.F.T.*, mai 1929). — Exposé des résultats des expériences effectuées à Wiedenbrück par la troisième commission de rapporteurs du C.C.I., qui ont conduit à adopter le mode de pupinisation préconisé par Lüschen et Küpfmüller (Cf. *Europäischer Fernsprechdienst*, avril 1927), au même titre que les deux méthodes de pupinisation déjà recommandées par le C.C.I.

P. M.

42. La distorsion non linéaire des longs circuits en câble (M. Grützmacher, *T.F.T.*, mai 1929). — L'auteur a procédé à une série de mesures en utilisant deux fréquences, de façon à mettre en évidence les fréquences de combinaison. Il définit le facteur de distorsion non linéaire (Klirrfaktor) comme le rapport de la valeur effective de l'ensemble des fréquences de combinaison à la valeur effective de l'ensemble : fréquences fondamentales plus fréquences de combinaison. Ce facteur croît naturellement avec la tension à l'origine ; il est le plus grand pour les circuits à quatre fils à charge moyenne munis de compensateurs de phase et sensiblement le même pour ces circuits sans compensateurs de phase que pour les circuits à charge légère. Dans les circuits à deux fils, ce facteur est relativement petit. D'autre part, il dépend assez peu de la longueur de la ligne. Enfin l'affaiblissement résultant dépend considérablement de la tension à l'origine : en gros, l'affaiblissement croît avec la tension et avec la fréquence.

P. M.

42. L'utilisation des lignes artificielles de complément sans distorsion dans l'exploitation des circuits à deux fils munis d'amplificateurs (P. Oehlen, *T.F.T.*, mai 1929). — Pour compléter des sections d'amplification de courte longueur, on est amené à utiliser

des lignes artificielles. L'auteur examine, au double point de vue de leur influence sur les valeurs de l'impédance et de l'affaiblissement résultant, jusqu'à quelle valeur de l'affaiblissement on peut utiliser dans ce but des lignes sans déformation faciles à construire et peu chères ; il conclut qu'on peut en faire usage jusqu'à des valeurs d'affaiblissement de 0,6 à 0,9 néper.

P. M.

44. Le taxiphone, poste téléphonique à prépaiement (de la Moricière, *Bulletin de la Société française des électriciens*, avril 1929). — Le premier type de poste téléphonique à prépaiement « taxiphone » employé dans les réseaux manuels comportait un bouton d'encaissement et un bouton de remboursement et utilisait une terre auxiliaire pour l'appel. Après avoir rappelé le mode de fonctionnement de cet appareil, l'auteur décrit un poste à prépaiement d'un modèle récent, susceptible d'être employé sur un réseau manuel ou automatique, donnant une inversion de courant sur la ligne du demandeur à la réponse de l'abonné demandé ; avec cet appareil, qui ne nécessite aucune modification à l'équipement du bureau central, l'usager n'est astreint à aucune manœuvre de boutons ; les inversions fugitives de courant et les permutations éventuelles des deux fils de la ligne n'affectent pas la sécurité de fonctionnement de l'appareil.

R. B.

45. Le développement récent de la technique des répéteurs sur cordons (Neumann, *Telegraphen-und Fernsprech-Technik*, mai 1929). — L'auteur décrit les nouvelles dispositions adoptées par l'administration allemande pour les installations de répéteurs sur cordons : bâtis d'organes de protection : bâtis combinés des organes accessoires et des équilibrateurs ; positions de répéteurs sur cordons : le nouveau type de dispositif de réglage du gain des répéteurs est un commutateur à 9 positions, d'un encombrement très réduit (permettant de loger 15 de ces commutateurs sur une position de transit).

Les installations de répéteurs sur cordons varient suivant que les téléphonistes interurbains disposent ou non du multiplage des circuits ; dans les bureaux de conception moderne, les circuits ne sont pas multipliés sur les tables interurbaines et deux dispositions différentes sont adoptées : suivant la première de ces dispositions, les commutations, sur les tables interurbaines, sont commandées au moyen de clés et au moyen d'un cadran d'appel ; suivant l'autre disposition, les tables interurbaines comportent des



SUPER-REK-APCS

établir, entre
vous et la per-
sonne appe-
lée, une "liai-
son vivante"
par la pa-
role; pouvoir
se compren-
dre claire-
ment parce
que les mots,
les sons ne
seront pas
déformés...
voilà ce que
le téléphone
Ericsson
vous assure-
ra toujours
parce qu'il
"porte" fidè-
lement la
parole.

LA DISTANCE

TÉLÉPHONE

ERICSSON

33, Bd d'Achères, COLOMBES, (Seine) - Tél. Wagr. 93-58 et 93-68

TÉLÉPHONIE MANUELLE ET AUTOMATIQUE

jacks et des dicordes; dans l'un et l'autre cas, la téléphoniste interurbaine directrice obtient l'insertion d'un répéteur sur cordons en s'adressant à une téléphoniste de transit (qui dispose de dicordes); la direction de la communication (émission des appels, surveillance, taxation) incombe à la téléphoniste interurbaine; le réglage du gain du répéteur est effectué par la téléphoniste de transit, à la demande de la téléphoniste interurbaine directrice. R. B.

46. **Dispositifs de correspondance d'un central téléphonique automatique ou manuel à un central automatique** (Trecheinski, *L. M. Ericsson Review*, juillet 1928). — Après une étude des caractéristiques et des conditions de fonctionnement des relais employés en téléphonie automatique, l'auteur décrit différents circuits de jonction entre centraux automatiques. A. L.

48. **Oscillographes pour l'enregistrement des phénomènes transitoires** (W. A. Marrison, *Bell system technical journal*, avril 1929). — Pour l'étude des phénomènes d'induction dus à la proximité des lignes d'énergie et des lignes téléphoniques, il est utile de disposer d'un oscillographe permettant d'enregistrer, pendant un temps assez long, les phénomènes électromagnétiques et, plus spécialement, les ondes à front raide. Les appareils décrits par M. W. A. Marrison sont de deux sensibilités différentes. Leur principe commun est de posséder une armature vibrante en acier d'un type fréquemment utilisé pour les haut parleurs. L'amplitude des vibrations est suffisamment grande et il est possible d'employer un miroir d'un demi-pouce de diamètre, tout en conservant à l'ensemble une caractéristique déviation et fréquence satisfaisante.

La sensibilité est pratiquement constante pour toutes les fréquences inférieures à 300 périodes, ce qui permet d'enregistrer correctement les 32 premiers harmoniques des courants à 25 périodes. Le système entier, allumage de la source lumineuse et déroulement du film enregistreur, est mis en marche automatiquement par des relais. Il est commandé par le phénomène à enregistrer et son déclenchement ne demande que 0,01 de seconde.

Une horloge, dont les indications sont marquées sur le film, permet enfin de connaître avec précision l'instant où se produit un phénomène anormal.

De nombreuses photographies, courbes ou oscillogrammes illustrent cette intéressante étude. P. C.

53. **Une nouvelle lampe de puissance, la lampe Phillips miniwatt B. 443** (A. van Sluifers, R.G.E., 8 juin 1929). — Si V_a est la tension anodique et ρ la résistance interne d'une lampe triode usuelle, la puissance maximum que cette lampe peut développer sans distorsion est

$$W_{\max} = \frac{V_a^2}{16\rho}.$$

Si donc la résistance interne ρ est grande, ce qui est utile pour que, l'impédance Z du haut-parleur qui dépend de la fréquence étant négligeable devant ρ , on n'ait pas de distorsion d'amplitude dans le haut-parleur, on voit que $W_{\max}$ sera nécessairement petit.

Il en est autrement dans les lampes bigrilles où, dans les conditions les plus favorables, on peut avoir :

$$W_{\max} = \frac{V_b^2 \times S}{4K},$$

V_b étant la tension de la batterie de plaque, K la constante d'amplification en volts et S la résistance interne de la lampe bigrille, déterminée ici par la grille intérieure relativement à la grille extérieure.

Basée sur ces remarques, la nouvelle lampe Philips B. 443 joint aux avantages d'une grande résistance interne ceux d'une grande puissance développée.

En outre, une cinquième électrode (grille auxiliaire), portée au potentiel moyen du filament, est intercalée entre la grille extérieure et la plaque afin d'empêcher les électrons secondaires (émis par la plaque sous l'influence du bombardement électronique) de se diriger vers le filament et par conséquent de troubler le fonctionnement de la lampe. G. V.

57. **Sur les ondes de 10 à 20 centimètres** (M. Beauvais, *Bulletin de la Société française des électriciens*, mai 1929). — L'auteur énumère les difficultés rencontrées dans la production des ondes très courtes; il décrit le dispositif de M. Pierret et les diverses expériences permettant de vérifier avec ces ondes les lois de l'optique. Enfin il expose les applications possibles des ondes très courtes. P. M.

64. **Un interrupteur électrique ultra-rapide, le « déion »**. (L. Kuentz, *La Nature*, 15 juin 1929). — Article décrivant d'une façon très sommaire un nouvel interrupteur permettant, grâce à un champ magnétique convenable, de souffler les arcs à la vitesse considérable de 660 mètres à la seconde. Les ions qui circulent dans l'arc sont alors



**INSTALLATIONS
TÉLÉPHONIQUES**
de tous genres et
de toutes capacités

INSTALLATION

ENTRETIEN

LOCATION

VENTE



COMPAGNIE DES TÉLÉPHONES
THOMSON-HOUSTON

Telegrammes:
ELITHUMICRO
—15— PARIS

Société Anonyme — Capital: 60 Millions de Frs

Telephone:
SÉGUR 88 50
8 88 53

254, rue de Vaugirard, PARIS (15^e)

Notices, tarifs et renseignements franco sur demande.

dispersés rapidement. Le « déion » est appliqué à de petits interrupteurs à 2500 volts, ainsi qu'à de grands disjoncteurs de 15.000 volts.

Un de ces appareils aurait été récemment soumis, sans destruction, à une centaine de courts-circuits, sous des intensités variant de 5000 à 15.000 ampères. V.-L. D.

65. **L'éclairage par les gaz lumineux** (E. Darmon, *La Nature*, 15 juin 1929). — Cet article décrit les divers procédés utilisés pour réaliser l'éclairage par les gaz lumineux. Après une étude assez détaillée de l'arc au mercure, l'auteur signale l'emploi de gaz rares, néon, argon et hélium pour produire des arcs jouissant de propriétés spéciales.

V.-L. D.

68. **Le gaussmètre** (G. Dupouy, *Bulletin de la Société française des électriciens*, avril 1929). — Cet appareil est fondé sur le principe suivant : lorsqu'un cristal magnétiquement anisotrope, mobile autour d'un axe convenablement choisi, est placé dans un champ magnétique uniforme, il est soumis à un couple proportionnel au carré du champ, qui tend à l'orienter. On oppose à ce couple un couple antagoniste dû à la torsion d'un fil ou à un ressort spiral ; pour chaque valeur du champ, il y a une position d'équilibre déterminée.

P. M.

69. **Une curieuse conséquence de la résonance d'un circuit oscillant** (A. Curchod, *R. G. E.*, 15 juin 1929). — M. Soulier a montré expérimentalement qu'un noyau de fer attiré par une bobine d'inductance peut être animé d'un mouvement oscillant si la bobine est en série avec un condensateur de capacité convenable et si l'ensemble est sous une tension alternative constante. L'auteur étudie quelles sont les équations qui régissent le phénomène et montre que les facteurs déterminent la périodicité du mouvement

du noyau. Il indique ensuite les résultats d'une étude expérimentale du phénomène.

L.-J. C.

75. **Les films sonores en cinématographie** (A. Bidault des Chaumes, *Génie civil*, 22 juin 1929). — Description assez détaillée des divers procédés actuellement employés pour la projection de films sonores.

V.-L. D.

75. **Un nouvel appareil pour la mesure des isolements sonores** (Erwin Meyer et Paul Just, *Schalltechnik*, janvier 1929). — Description de la méthode utilisée pour la mesure du coefficient de transmission des parois et de divers matériaux. Cette méthode repose sur la comparaison électrique des tensions par deux microphones placés de part et d'autre de la paroi étudiée recevant l'un l'onde sonore arrivant directement de la source sonore, l'autre l'onde amortie par le passage à travers l'écran acoustique étudié. Ceci permet d'exprimer l'affaiblissement acoustique en népers comme l'affaiblissement électrique. On sait que, de divers côtés, des mesures de ce genre sont exécutées ; en France, depuis plusieurs années, des méthodes fondées sur des principes analogues ont été mises au point, notamment pour les mesures relatives à des parois mises en place complètement installées (en particulier, au Service d'Etudes des P.T.T.).

P. C.

75. **Mesures de l'absorption sonore de divers matériaux** (Erwin Meyer et Paul Just, *T. F. T.*, janvier 1929). — Cet article est un second exposé des mêmes méthodes que celles qui sont décrites dans *Schalltechnik*, mais avec une étude plus complète des méthodes et appareils utilisés. Les auteurs insistent sur l'utilité d'employer comme source de son une source complexe afin d'éviter les inconvénients dus aux phénomènes d'interférence.

P. C.

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

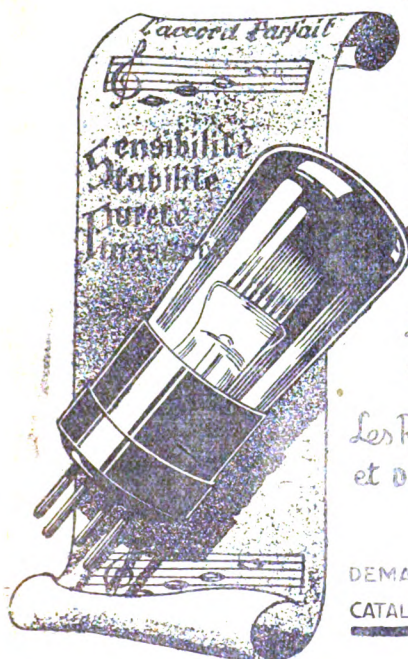
- LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE**, 3, rue Thénard, Paris (5^e).
CONSTRUCTION DES LIGNES AÉRIENNES (1) par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (3^e édit., 1 vol. autogr., de 362 p., et 188 fig.)..... 25 fr.
CONSTRUCTION DES LIGNES SOUTERRAINES (1), par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 346 p., 153 fig. et 17 pl.). 3 fr.
COURS DE PROTECTION DES LIGNES télégraphiques et téléphoniques contre les lignes d'énergie (1), par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr., de 493 p., 65 fig. et 2 pl.)..... 35 fr.
COURS D'INSTALLATIONS TÉLÉPHONIQUES, par MILON, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. typogr., de 46 p., 294 fig., 15 pl.)..... 45 fr.
COURS D'EXPLOITATION TÉLÉGRAPHIQUE (1), par L. RAYNAL, ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr. de 175 p.)..... 18 fr.
PRINCIPES GÉNÉRAUX D'EXPLOITATION TÉLÉPHONIQUE (1), par MILON, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 272 p. et 20 fig.)... 1 fr.
TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SANS FIL (1), par VEAUX, ingénieur en chef des P.T.T., (1 vol. typogr. de 320 p. et 362 fig.)..... *(En réimpression)*
COURS SUR L'ORGANISATION ET LE CONTRÔLE DE L'EXPLOITATION DES BUREAUX TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES (1), par LEVEAU, chef de bureau téléphonique hors classe breveté. (1 vol. autogr., de 190 p.).... 18 fr.
COURS D'EXPLOITATION POSTALE par FERRIERE chef de bureau des P.T.T. (2 vol. typogr. de 241 et 306 p.)..... 40 fr.
COURS DE COMPTABILITÉ et de droit budgétaire (1), par FERET DU LONGBOIS directeur au ministère des Finances (1 vol. typogr., 3^e éd., 156 p.)..... 15 fr.
CONFÉRENCES DE COMPTABILITÉ industrielle et commerciale, par G. VALENSI ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr. de 276 p.)..... 18 fr.
COURS DE MACHINES (1), par M. SAUVAGE, inspecteur général des Mines (1 vol. autogr., 207 p., 70 fig.)..... 15 fr.
COMPLÉMENTS DE MATHÉMATIQUES (1), par B. COLLIN, agrégé de l'Université, professeur au lycée Saint-Louis et à l'Ecole supérieure des P. T. T. (1 vol. autogr. de 84 p.)..... 7 fr.
COURS ÉLÉMENTAIRE DE TÉLÉPHONIE (2), par Louis GRELAUD, contrôleur principal des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 180 p. et 127 fig.)..... 22 fr.
COURS D'ÉLECTRICITÉ (2) (Application à la téléphonie et à la télégraphie à l'usage des agents mécaniciens et du Personnel des P. T. T.), par Ch. SUCHET, ingénieur des P.T.T., (3^e édit. 2 vol. typogr. de 299 p. et 236 p.) Tome I, 30 fr.; Tome II, 22 fr.
COURS DE MULTIPLES TÉLÉPHONIQUES (2) (à l'usage des agents mécaniciens, et du Personnel des P. T. T.), par Paul JOLY, ingénieur en chef des P.T.T. 2^e édit. 1 vol. autogr., 519 p., 147 fig. et un atlas de 70 pl.)..... 60 fr.
COURS DE TÉLÉPHONIE AUTOMATIQUE (2) (à l'usage des agents mécaniciens et du Personnel des P. T. T.), par Ch. PETIT, ingénieur en chef des P.T.T. (2 vol.). Livre I (415 pages, 162 fig. et 39 pl. hors-texte) 55 fr.
Livre II *(en impression)*
MANUEL DE L'OUVRIER des lignes aériennes télégraphiques et téléphoniques, par L. DROUET, ingénieur en chef des P.T.T. (3^e éd., 1 vol. typogr. 13 × 18, de 254 p. et 158 fig.)..... 18 fr.

(1) Cours professé à l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes.

(2) Cours professionnels.

→ UN JEU DE LAMPES ←

RADIOFOTOS...



Les oscillatrices M40 et
M X 40 sont **SENSIBLES**

Les moyennes fréquences
C 9 et C 25 sont **STABLES**

Les détectrices Radiofotos et la
D 15 sont puissantes et **PURES**

Les Radiofotos basses fréquences type D 9
et D 5 et les trigrilles D 100 sont **PUISSANTES**

DEMANDER LES NOTICES EXPLICATIVES ET LE
CATALOGUE GÉNÉRAL DES LAMPES **RADIOFOTOS**

...VOUS DONNE ENFIN
→ L'ACCORD PARFAIT ←

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

(Suite)

-
- COURS DE T. S. F.** (à l'usage des commis des P. T. T. destinés au service de l' T. S. F.), par VEAUX, ingénieur en chef des P. T. T. (1 vol. typogr. de 366 p., 351 fig. et 6 pl.)..... 35 fr.
- INSTRUCTION SUR LA CONSTRUCTION et l'entretien des lignes aériennes** (1927) (1 vol. relié, de 344 p., 100 fig. dont 1 pl. hors texte), 3^e éd..... 18 fr.
- INSTRUCTION PROVISOIRE SUR LA CONSTRUCTION et l'entretien des lignes souterraines** (1924) (1 vol. relié, de 260 p., 122 fig.)..... 22 fr.
- INSTRUCTION SUR LA COMBINAISON DES CIRCUITS et leur appropriation à la télégraphie et à la téléphonie simultanées** (1921) (1 plaquette reliée de 26 p., 20 fig et 2 pl. hors texte), 2^e éd..... 4 fr. 50
- INSTRUCTION SUR LA PROTECTION des installations télégraphiques et téléphoniques de l'Etat contre les courants industriels** (1918) (1 vol. relié, de 140 p.)..... 8 fr.
- INSTRUCTION SUR LES ESSAIS et mesures électriques et le relèvement des dérangements de lignes et de postes** (1927) (1 vol. relié, de 188 p. et 42 fig.) 3^e éd..... 12 fr.
- INSTRUCTION SUR L'INSTALLATION et l'entretien des postes téléphoniques d'abonnés** (1921) (1 vol. relié, de 61 p. et 22 fig. dont 7 pl.), 2^e éd..... 7 fr.
- INSTRUCTION SUR L'INSTALLATION des bureaux télégraphiques principaux** (1909) (1 vol. relié, de 86 p., 64 fig. dont 33 pl.)..... 10 fr.
- INSTRUCTION SUR L'INSTALLATION de l'éclairage électrique à l'intérieur des locaux** (1910) (1 vol. relié, de 74 p., 32 fig. dont 3 pl. hors texte). (*En réimpression.*)
- INSTRUCTION SUR L'ENTRETIEN et le réglage des appareils télégraphiques** (1920) (1 vol. relié, de 154 p. et 39 fig.). *En réimpression.*
- LA TECHNIQUE TÉLÉGRAPHIQUE EN FRANCE depuis l'origine**, par R. MONTORIOL, inspecteur des P.T.T. (1 vol. typogr., de 240 pages, 113 fig. et 21 portraits hors texte). 4 fr.
- LA POSTE MILITAIRE EN FRANCE** (Campagne 1914-1919), par A. MARTY, inspecteur général des P. T. T., chargé de la Poste militaire aux armées au Grand Quartier Général (1 vol. 16 × 25 de 139 p.)..... 9 fr.
- CONDITIONS D'INSTALLATION des bureaux de poste, de Télégraphe et téléphone** (une plaquette 13 × 18 de 47 p.)..... 2 fr. 50.
-

GAUTHIER-VILLARS, 55, Quai des Grands-Augustins, Paris (6^e) :

DE LA PROPAGATION DU COURANT TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE (THE PROPAGATION OF THE ELECTRIC CURRENTS, par J.-A. FLEMING) : traduit de l'anglais par RAVUT, ingénieur des P.T.T. (1913). — 1 vol..... 32 fr.

COURS D'ÉLECTRICITÉ THÉORIQUE (1), par POMEY, inspecteur général des P.T.T. (1914). — 2 vol. Tome I..... 35 fr.
Tome II..... 100 fr.

INTRODUCTION A LA THÉORIE DES COURANTS TÉLÉPHONQUES ET DE LA RADIOTÉLÉGRAPHIE, par POMEY, inspecteur général des P.T.T. (1920) 60 fr.

ANALOGIES MÉCANIQUES DE L'ÉLECTRICITÉ, par POMEY, inspecteur général des P.T.T. (1921)..... 20 fr.

RADIOTÉLÉGRAPHIE, RADIOTÉLÉPHONIE, RADIO-CONCERTS, par E. REYNAUD-BONIN, ingénieur en chef des P.T.T. — 1 vol..... 15 fr.

(1) Cours professé à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes.

ACCUMULATEURS DININ

pour T. S. F. — STANDARDS TÉLÉPHONIQUES
et toutes applications

SOCIÉTÉ DES ACCUMULATEURS ÉLECTRIQUES
(Anciens Établissements Alfred DININ)

Société Anonyme au Capital de 15.000.000 de francs

18, Avenue du Maréchal-Joffre. — NANTERRE (Seine)

Succursales à PARIS : 23, Avenue de la Grande-Armée (16^e) — 48, Rue de Malte (11^e)

Succursale à LYON : 181, Avenue de Saxe

CABLES DE LYON

MANUFACTURE DE FILS ET CABLES ÉLECTRIQUES
DE LA COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ S. A. CAP 130 MILLIONS
SIÈGE SOCIAL 54, RUE LA BOÉTIE, PARIS
DIRECTION ET BUREAUX À LYON :

418-420, AVENUE JEAN-JAURÈS

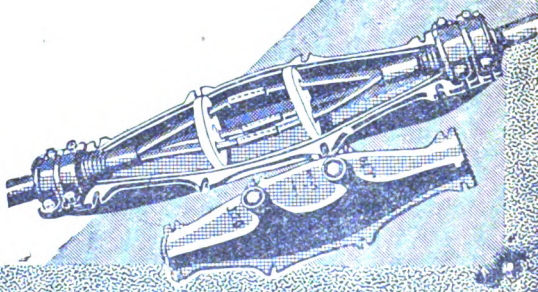
USINES : 41, RUE DU PRÉ GAUDRY, 41

SUCCURSALE À PARIS :

16, RUE DE LA BAUME, 16 — TÉLÉPHONE : ÉLYSÉES 43 98

AINSI QUE DANS LES PRINCIPALES VILLES DE FRANCE

Tous fils et câbles
électriques isolés
Accessoires pour
réseaux souterrains



SOCIÉTÉ ANONYME DES TUBES DE VALENCIENNES ET DENAIN

CAPITAL : 5.500.000 FRANCS

Siège social et Usine à VALENCIENNES (Nord)

Maison à Paris : 16 bis à 24, Passage d'Angoulême

Tubes soudés et sans soudure pour tous usages

TUBES CARRÉS

pour lignes électriques

Adresser la correspondance à Valenciennes

Téléphone : 117 VALENCIENNES

R. C. Valenciennes 499

MANUFACTURE DE FILS & CABLES ÉLECTRIQUES

Spécialités de Cordons pour Récepteurs, Combinés, Standards, etc...

Cordons pour T.S.F.

Établissements A. MEUNIER, VERGNAUD & C^{ie}

Société à responsabilité limitée — Capital 200.000 francs

Fournisseur des P.T.T.

BUREAUX ET ATELIERS :

3, Rue Rigaud, 3

LE BOURGET (Seine)

REGISTRE DU COMMERCE :

SEINE n° 221.671

Téléphone : NORD 64-67

Gare : BOURGET-DRANCY

Tramways 52 et 72

INDEX

	Pages
DOCUMENTATION	D. 43, D. 44, D. 45, D. 46
BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES P.T.T.	8, 10, 12
Le Matériel Téléphonique	2
Société des Téléphones Ericsson	4
Compagnie des Téléphones Thomson-Houston	6
Grammont	9
Société française Gardy	11
Ateliers J. Carpentier	13
Société anonyme Siemens-France	14
La machine à affranchir Havas	14
Société alsacienne de constructions mécaniques	15
Compagnie générale transatlantique	16
Compagnie française des Etablissements Gaillard	16
Compagnie française des câbles télégraphiques	17
Grand Bazar de l'Hôtel-de-Ville	18
Etablissements Gaiffe-Gallot et Pilon	18
Lignes télégraphiques et téléphoniques	19
Société anonyme Lidgerwood	20
Société industrielle des Téléphones	21
Société d'Etudes pour liaisons téléphoniques et télégraphi- ques à longue distance	22
Association des ouvriers en instruments de précision	22
Ecole Berlitz	23
Le Carbone	24
Compagnie des Lampes	24
Forges et ateliers de constructions électriques de Jeumont	25
Louvroil et Recquignies	26
Chauvin et Arnoux	26
Société des accumulateurs électriques	27
Les Câbles de Lyon	27
Société anonyme des tubes de Valenciennes et Denain	27
Etablissements A. Meunier, Vergnaud et C ^{ie}	28
Ecole spéciale des Travaux publics	III
Société française des Appareils Creed	IV

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS
D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3 RUE THÉNARD PARIS, V^e

ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

Revue mensuelle publiée par les soins
d'une commission nommée par
LE MINISTRE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

La commission des *Annales* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs et qui peuvent ne pas refléter la doctrine de l'administration; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

RÉDACTION : 20, RUE LAS CASES, PARIS 7^e.
Téléphone : Ségur 46.43 et 45.59.

Pour tout ce qui concerne les abonnements et la publicité, s'adresser à l'éditeur :

LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE,
3, rue Thénard, Paris 5^e.

TABLE DES MATIÈRES.

Sur les liaisons téléphoniques en haute fréquence le long des lignes d'énergie électrique, par C. GUTTON, professeur à la faculté des sciences de Nancy	969
La notion d'admittance caractéristique, par L.-J. COLLET, ingénieur des Postes et Télégraphes.	980
Les prévisions dans la construction des réseaux téléphoniques, par J.-G. HINES	990
REVUE DES PÉRIODIQUES : Stabilisateur de fréquence à quartz.	1049
INFORMATIONS : Liaison radiotélégraphique. — Le câble téléphonique souterrain Paris—Bordeaux. — Téléphonie transatlantique. — Extraits du rapport d'exploitation de l'administration des postes des Etats-Unis d'Amérique pour l'année budgétaire 1928. — Les capitaux anglais et américains dans l'industrie allemande des courants faibles. — Barrière radio-électrique pour poissons	1058
BREVETS D'INVENTION.	1064
BIBLIOGRAPHIE	1069
DOCUMENTATION	D. 47

SUR LES LIAISONS TÉLÉPHONIQUES EN HAUTE FRÉQUENCE

le long des lignes d'énergie électrique, (1)

par C. GUTTON,
professeur à la faculté des sciences de Nancy.

Noas nous occuperons de l'utilité et des conditions d'établissement d'un mode de liaison assez spécial : la téléphonie, par courant porteur de haute fréquence, sur les réseaux d'énergie électrique.

De telles communications utilisent des lignes établies dans un tout autre but que la transmission de la parole ; elles sont donc, pour cet usage, beaucoup moins favorables que les lignes aériennes, spécialement aménagées, d'un réseau téléphonique. C'est pourquoi elles ne sont pas appelées à supprimer, pour les distributeurs d'énergie, l'usage des lignes téléphoniques de l'Etat ou des lignes privées : elles sont surtout un moyen de secours pour les périodes d'exploitation troublée, durant lesquelles les communications ordinaires sont soit surchargées, soit mises hors d'état de servir.

Envisagées comme moyen de secours seulement, ces liaisons n'en restent pas moins de la plus grande utilité.

Depuis trente ans environ, la distribution de l'énergie électrique n'est plus faite par des installations comprenant seulement une centrale et des lignes de quelques dizaines de kilomètres de longueur sans aucune liaison avec les organisations voisines. Non seulement les réseaux se sont beaucoup étendus, mais ils ont été reliés entre eux et peuvent ainsi échanger de la puissance. De très longues lignes à haute tension, de plusieurs centaines de kilomètres de longueur, ont été établies pour faciliter ces échanges et transporter à grande

1. Conférence faite à l'amphithéâtre de l'École professionnelle supérieure des postes et télégraphes le 17 mai 1929.

distance l'énergie disponible en excès dans une région. Telles sont les lignes qui relient l'est et le nord de la France, les Alpes, les Pyrénées, le Plateau central et atteignent aujourd'hui la région parisienne. Ces lignes dépassent même les frontières, et la fourniture d'énergie par la Suisse aux réseaux de l'est a récemment provoqué de curieuses discussions à propos de questions douanières.

L'extension et l'intercommunication des installations de distribution présentent, de façon évidente, de très grands avantages au point de vue de l'économie de charbon ; mais on conçoit qu'elles rendent très complexes les questions d'exploitation technique et de répartition quotidienne, entre les différentes centrales, de la puissance totale nécessaire. Celles-ci ne peuvent être résolues et de très graves difficultés ne peuvent être évitées que si des liaisons téléphoniques sûres et rapides permettent une entente constante entre les distributeurs, des relations faciles avec le personnel de leurs sous-stations et de leurs gros centres de distribution.

Pendant la marche régulière et indépendamment de tout accident, il est beaucoup de manœuvres pour lesquelles les communications téléphoniques sont très utiles, sinon indispensables. Lors du couplage sur les lignes de gros alternateurs, par exemple, il est commode de disposer de liaisons téléphoniques. Les progrès réalisés dans la construction des machines ont rendu le couplage facile et les décrochages très rares ; mais il faut remarquer qu'aujourd'hui ces opérations doivent se faire dans des conditions beaucoup moins simples qu'autrefois. On ne peut d'ailleurs s'en remettre aux seules indications de l'ampèremètre pour savoir s'il est utile de mettre en service ou de découpler une grosse unité ; il faut savoir si la variation de puissance observée est durable ou temporaire, en connaître la cause, et l'on ne peut pas plus ajouter ou supprimer sans entente préalable de puissants alternateurs que lâcher des trains, sans prévenir, sur un réseau de chemins de fer. Il est nécessaire de disposer du téléphone pour combiner les manœuvres de coupure, d'isolement des lignes, pour recevoir avis des besoins importants des clients.

Mais c'est surtout dans les périodes troublées, soit par un gros incident de marche, soit par des conditions atmosphériques défavorables que le téléphone est nécessaire aux distributeurs d'énergie

et que les modes de liaisons ne sont jamais trop nombreux. A la suite d'une rupture d'isolateur, de la mise à la terre accidentelle d'une ligne, d'une fausse manœuvre dans une sous-station, tout le monde se hâte vers les téléphones pour combiner les manœuvres de coupure nécessaires et assurer l'alimentation des grandes villes dans le plus bref délai ; on souffre alors d'une insuffisance de liaison. Ces incidents de marche sont surtout fréquents lors des tempêtes, des orages, des chutes de neige, des dépôts de givre sur les fils, et les lignes téléphoniques deviennent indispensables. Mais c'est alors aussi que ces dernières sont, en général, en mauvais état. Elles sont tout aussi fragiles, plus fragiles même, que les lignes d'énergie ; les perturbations atmosphériques qui ont endommagé celles-ci ont d'abord coupé les circuits téléphoniques.

Que désire donc le distributeur d'énergie ? C'est, outre la liaison téléphonique ordinaire, un mode de communication supplémentaire qui la double au besoin, qui continue à pouvoir servir en cas d'accident aux lignes téléphoniques, et qui fonctionne non seulement lorsque les lignes d'énergie sont en bon état mais même lorsque celles-ci sont coupées ou mises à la terre.

Ce mode de liaison existe depuis que la radiotéléphonie est assez perfectionnée pour pouvoir établir des communications régulières. Des postes de T.S.F. paraissent pouvoir satisfaire tous les désirs des distributeurs. La radiotéléphonie par ondes libres n'est cependant pas la solution la meilleure. Il n'est pas rationnel de faire communiquer sans fil deux correspondants qui sont reliés par les conducteurs d'une ligne à haute tension, de laisser les ondes électromagnétiques s'éparpiller dans l'espace lorsque ces conducteurs, en les guidant vers le but, permettent d'utiliser pour la liaison une puissance très réduite.

Renoncer à la transmission sans fil et se servir des lignes d'énergie pour guider les ondes n'est pas seulement un moyen de réaliser une économie de puissance, mais aussi, ce qui est plus important, d'obtenir une communication plus sûre. Si, en effet, on utilise moins de puissance, l'oscillateur qui produit les courants de haute fréquence est monté avec de plus petites lampes triodes, les tensions de plaque sont plus faibles, la modulation d'amplitude par un microphone

est plus facile, toutes conditions qui rendent le maniement des appareils d'émission plus commode et moins sujet à dérangements. Cela n'est pas sans importance, car il faut tenir compte du fait que, sur les réseaux d'énergie, ce ne sont pas des radiotélégraphistes qui font usage des postes, mais tout le personnel des centrales, des sous-stations, des postes de coupure. On cherche même à se servir de la téléphonie en haute fréquence pour établir des communications avec les équipes de réparation des lignes. Il est ainsi de toute nécessité de rendre les appareils aussi simples, aussi peu encombrants et de manœuvre aussi facile que possible. On y arrive beaucoup mieux si ces appareils ne mettent en jeu que de faibles puissances.

En cas de rupture d'une ligne d'énergie, la communication par courants de haute fréquence n'est pas complètement coupée. Si, en effet, la fréquence est assez élevée, la capacité mutuelle des deux tronçons de ligne suffit encore à assurer le passage des ondes.

Envoyer le long des lignes d'énergie des courants de haute fréquence produits par un oscillateur à lampes triodes, moduler leur amplitude par un microphone comme on le fait en radiotéléphonie, recevoir à l'autre extrémité de la ligne ces oscillations dans un récepteur de T.S.F. qui les amplifie et les détecte, tel est donc le mode de liaison qui paraît le mieux répondre aux besoins des distributeurs d'énergie électrique.

Il y a très longtemps que l'on s'en est aperçu, et l'idée en est plus ancienne que la radiotéléphonie elle-même. Dès 1905, M. L. Neu a fait des essais de radiotélégraphie par ondes amorties sur la ligne d'énergie de Valenciennes à Blanc-Misseron. Ces essais ont réussi, et la question a naturellement été de nouveau étudiée bien des fois après que les progrès de la T.S.F. ont rendu plus facile l'emploi de courants de fréquence élevée et ont permis de les utiliser à des communications téléphoniques.

Sur les lignes téléphoniques aériennes, la téléphonie multiple par courant porteur de haute fréquence a été réalisée avec succès et sans de trop grandes difficultés. Sur les lignes d'énergie, au contraire, la mise en pratique de la téléphonie en haute fréquence n'a pas été aussi facile. Les premiers essais ont donné à ceux qui les ont tentés d'abord d'intéressants résultats ; mais, lors de la mise en

exploitation, on n'a pas tout de suite obtenu toute satisfaction. Les tâtonnements ont été longs, et une méthode qui, au premier abord, paraît satisfaire à toutes les conditions recherchées, ne s'est généralisée que très lentement. C'est seulement depuis très peu de temps que les distributeurs d'énergie commencent à l'appliquer et à avoir confiance en sa sécurité.

Le principe de la téléphonie par courant porteur de haute fréquence est très simple ; mais son application sur les réseaux d'énergie n'est pas sans quelques difficultés. Il en est résulté quelques succès et quelques déceptions, qui ont retardé un peu le développement d'un mode de liaison qui n'en reste pas moins très utile.

D'où viennent ces difficultés d'application ? D'abord du fait qu'un réseau d'énergie est adapté à la distribution et au transport de la puissance, mais est bien loin de satisfaire aux conditions essentielles que les téléphonistes demandent à leurs lignes.

Lorsque ceux-ci veulent établir une liaison, ils réunissent les deux correspondants par une ligne à deux fils. Cette ligne n'a pas de bifurcations le long desquelles s'égarent les courants utiles et l'on évite de mettre des appareils en dérivation entre les fils le long du parcours ; si l'on est obligé de le faire, on s'arrange pour que ceux-ci n'occasionnent qu'un affaiblissement négligeable.

Un réseau d'énergie construit pour un tout autre usage, ne satisfait à aucune de ces conditions. Il est bifurqué à dessein ; les lignes qui partent de la centrale par des chemins différents se réunissent à grande distance et forment des boucles. On arrive ainsi à pouvoir alimenter les villes et les usines par plusieurs chemins différents et à pouvoir les desservir même lorsqu'un tronçon de ligne doit être isolé pour le réparer. D'autre part, les appareils d'utilisation, les transformateurs sont mis en dérivation entre les fils de ligne le long du parcours. Ils sont la cause, pour les courants téléphoniques à haute fréquence, d'un affaiblissement considérable. Si, en effet, pour ces fréquences élevées, l'impédance de leurs enroulements est très grande, leurs capacités entre spires, leur capacité avec le sol sont importantes et provoquent des dérivations, entre les fils ou vers le sol, des courants de haute fréquence. Ces inconvénients sont très graves sur les réseaux à tension peu élevée qui sont

très bifurqués et sur lesquels les transformateurs sont nombreux. Ils sont atténués sur les longues lignes à tension très élevées qui servent plus au transport de l'énergie à grande distance qu'à sa distribution le long du parcours.

Outre l'affaiblissement qui résulte des bifurcations et des transformateurs, les lignes d'énergie ont un affaiblissement normal, très supérieur à celui des lignes téléphoniques. L'affaiblissement, pour une ligne aérienne bien isolée, est à peu près :

$$a = r \sqrt{\frac{c}{l}},$$

où r , c et l sont les résistance, capacité et inductance propre par unité de longueur. Une ligne d'énergie a un rapport de la capacité à l'inductance très supérieure à celui d'une ligne téléphonique ; l'affaiblissement est donc plus grand. D'autre part, à cause de l'effet pelliculaire, le courant, aux fréquences élevées, est localisé à la surface des conducteurs et la résistance r se trouve augmentée. Cette augmentation est très importante, et, dans la téléphonie en haute fréquence sur les lignes téléphoniques, on utilise pour cette raison de très grandes longueurs d'onde, de l'ordre de 10.000 mètres au moins. S'il s'agit de téléphonie sur les réseaux d'énergie, on est obligé, pour plusieurs raisons que nous allons exposer, d'employer des ondes beaucoup plus courtes, de longueur inférieure à 6.000 mètres ; il en résulte un plus fort affaiblissement en ligne.

Les liaisons par les lignes d'énergie doivent continuer à servir en cas de rupture de ligne ; et pour que la capacité des tronçons en présence assure cependant le passage des ondes, il faut que la fréquence soit aussi élevée que possible.

Il faut aussi pouvoir assurer la transmission des ondes au delà d'un poste de coupure ou au delà d'un transformateur de jonction de deux lignes à tensions différentes. On y arrive en tendant le long des lignes, de part et d'autre de la coupure, un fil isolé accordé en demi-onde ; la capacité et l'induction mutuelle de ce fil et des lignes transmet les courants ; mais cette transmission est d'autant plus facile que la fréquence est plus haute.

Nous verrons que l'on couple l'oscillateur et le récepteur à la

ligne à haute tension par des condensateurs ; pour assurer un couplage suffisant, il faut une capacité d'autant plus grande que la fréquence est plus basse. C'est encore une des raisons qui obligent à employer des fréquences élevées. Ces condensateurs doivent, en effet, tenir la tension élevée des lignes, et l'on ne peut les construire que pour des capacités faibles car leurs dimensions deviendraient exagérées ; il faut d'ailleurs que, pour 50 périodes, leur impédance reste minime. Il y a donc, à ce point de vue, encore intérêt à utiliser de très hautes fréquences.

Enfin les transformateurs qui sont en dérivation sur les lignes ont des périodes de résonance. Des mesures d'impédance en haute fréquence, entre deux bornes de haute tension de transformateurs, dont les bornes de basse tension étaient soit isolées, soit mises en court-circuit, ont montré que, pour des longueurs d'ondes comprises entre 7.500 et 1.5000 mètres environ, on observait des résonances. Celles-ci devant être évitées, on est obligé d'utiliser des ondes de longueur inférieure à 6.000 mètres.

On voit que, pour de multiples raisons, il faut, sur les réseaux d'énergie, utiliser des ondes beaucoup plus courtes que dans la téléphonie par courant porteur le long des lignes téléphoniques aériennes. Il en résulte un affaiblissement beaucoup plus considérable.

En résumé, on rencontre de multiples difficultés qui n'existent pas sur les lignes téléphoniques et qui rendent moins facile la téléphonie sur les réseaux d'énergie. Les causes d'affaiblissement sont nombreuses et importantes ; on est donc obligé, pour les mêmes portées, d'utiliser à l'émission des puissances plus grandes. On n'arrive à de bons résultats qu'après un examen minutieux des conditions d'application au réseau dont on s'occupe et qu'à l'aide d'artifices destinés à réduire autant que possible les pertes. On emploie aujourd'hui, aux bifurcations de lignes, aux jonctions avec les transformateurs, des circuits bouchons destinés à empêcher les dérivations ; mais si, comme cela est souvent le cas, on emploie simultanément pour les différentes directions des ondes de longueurs variées, il faut des circuits à plusieurs ondes. L'installation, en principe très simple, devient alors très compliquée.

Ce sont toutes ces difficultés, qui n'ont pu être résolues qu'à la

suite de nombreuses études et de nombreux essais, qui ont retardé l'utilisation de la téléphonie par courant porteur de haute fréquence sur les lignes d'énergie. La période de tâtonnements paraît toutefois terminée et les installations actuelles arrivent à donner satisfaction aux distributeurs d'énergie.

Il nous resterait à décrire l'appareillage de ces installations. Il est inutile d'entrer ici dans le détail de tous les organes d'émission et de réception. L'oscillateur à l'émission, le récepteur ne diffèrent pas de ceux que l'on utilise en radiotéléphonie. Les combinaisons nécessaires à la transmission en duplex, aux signaux d'appel, à la liaison au réseau téléphonique ne diffèrent pas de celles que l'on emploie dans la téléphonie en haute fréquence sur les lignes téléphoniques.

Il est seulement un point spécial à l'installation sur les réseaux d'énergie et dont nous nous occuperons : le couplage aux lignes à haute tension des appareils d'émission ou de réception. Ce couplage doit se faire en évitant tout danger grave de communication à 50 périodes entre les appareils téléphoniques et la ligne, et, comme nous allons le montrer, ce couplage doit être plus serré que celui qui est nécessaire entre un oscillateur et une antenne.

Une antenne est peu amortie et a une période d'oscillation bien définie. On accorde l'antenne sur l'oscillateur et, pour la période de résonance, son impédance est très réduite. Il suffit donc d'une faible force électromotrice et par suite d'un faible couplage avec l'oscillateur pour y déterminer des oscillations de résonance de grande amplitude. On peut transmettre à une antenne la majeure partie de la puissance mise en jeu dans l'oscillateur tout en n'utilisant que des couplages faibles. Une ligne d'énergie, au contraire, n'a pas de période bien définie. Elle absorbe, au cours de la propagation, presque toute l'énergie qu'on lui fournit et, après réflexion à l'extrémité, la fraction qui revient à l'origine est si faible qu'il n'y a pas de résonance sensible. L'impédance de la ligne reste alors très supérieure à celle d'une antenne accordée, et, pour y produire le même courant, il faut une force électromotrice beaucoup plus grande. Pour transmettre à une ligne la même puissance qu'à une antenne, il faut y induire une force électromotrice beaucoup plus grande et

par suite employer un couplage beaucoup plus serré avec l'oscillateur.

Un couplage par induction mutuelle entre deux enroulements, dont l'un serait en série sur la ligne, ne convient pas : il faudrait des bobines trop longues et trop voisines, et, comme il faut éviter toute communication dangereuse entre la ligne à haute tension et les appareils téléphoniques, la construction du transformateur de couplage serait presque impossible.

Le mode de couplage le plus employé est un couplage par capacité. Voici les deux formes sous lesquelles on l'emploie.

1° On se sert de deux fils d'une ligne triphasée comme conducteur d'aller et de retour. On dispose alors (fig. 1) deux

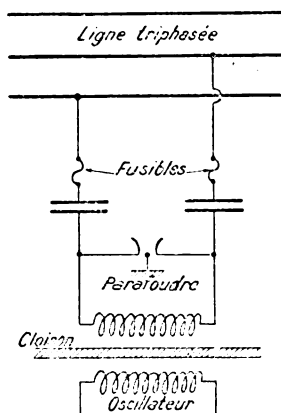


Fig. 1.

condensateurs de capacité égale à quelques millièmes de microfarad par l'une de leurs armatures sur deux des fils de ligne ; les autres armatures sont réunies à une bobine couplée au circuit oscillant de l'oscillateur. Il faut mettre des fusibles sur les jonctions et un ou même deux parafoudres de modèles différents en dérivation sur la bobine. Les deux enroulements sont séparés par une épaisse cloison isolante.

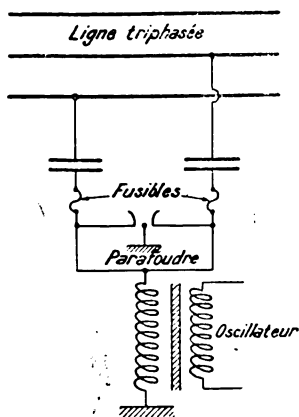


Fig. 2.

2° On utilise en parallèle les fils de la ligne et la terre. On dispose alors (fig. 2) des condensateurs sur un ou sur deux fils de ligne, et on joint l'armature libre à la terre par un enroulement couplé à l'oscillateur.

Les deux procédés ne sont pas équivalents. Dans la première disposition l'affaiblissement en ligne est beaucoup plus faible. Si, pour une longueur L en kilomètres, l'affaiblissement exponentiel

est de la forme e^{β} , β est égal à environ 0,008 pour la première disposition et 0,03 pour la seconde. Cette dernière est, pour cette raison, utilisée sur les lignes courtes, et l'on se sert de la première pour les lignes longues.

Pour le passage des postes de coupure ou des transformateurs de jonction, on emploie des shunts (fig. 3) constitués par deux con-

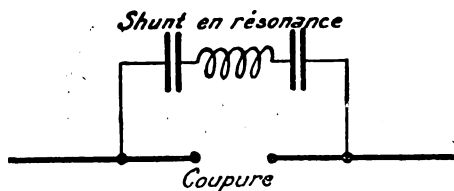


Fig. 3.

densateurs et une self accordés sur l'onde à transmettre. S'il faut, pour un fonctionnement en duplex ou pour desservir deux lignes au delà de la coupure, assurer le passage de deux ondes, on utilise des shunts (fig. 4) à deux périodes de résonance distinctes. Mais il

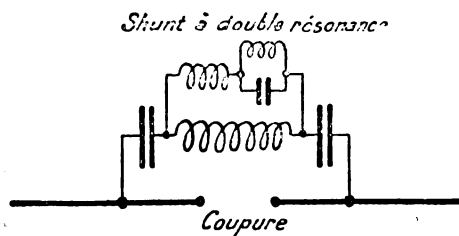


Fig. 4.

faut compter que ces dispositifs produisent un affaiblissement environ égal à l'unité.

Enfin on s'est servi d'une autre méthode de couplage à la ligne. On monte parallèlement à la ligne et à quelques mètres d'elle une antenne horizontale de quelques centaines de mètres, que l'on excite avec un oscillateur. Ce procédé ne couple pas suffisamment. Il faut mettre en jeu dans l'oscillateur plus de puissance, car on en perd une partie importante dans l'antenne. Il a l'avantage d'éviter complètement les possibilités de communication avec la ligne à haute tension

On a quelquefois utilisé comme antenne une partie isolée du fil de garde que l'on tend entre les sommets des pylônes de la ligne ; ce procédé est peu recommandable, car il a les inconvénients de l'antenne sans avoir l'avantage d'une grande sécurité.

Beaucoup de réseaux d'énergie se servent avec succès de la téléphonie en haute fréquence, et les installations de ce genre, à cause des services qu'elles rendent, se multiplient. Il faut, pour que le fonctionnement soit sûr, entretenir avec soin les appareils de réception et d'émission, plus délicats et plus complexes que les postes de la téléphonie ordinaire. Il a été souvent remarqué que deux postes identiques assuraient l'un une liaison très sûre et très constante, l'autre des communications très incertaines ; la raison en est presque toujours dans des différences d'entretien du poste, et en particulier dans le plus ou moins bon état des batteries d'accumulateurs.

La puissance à prévoir est d'environ 30 watts pour 100 kilomètres si l'on utilise les deux fils d'une ligne et un couplage par condensateurs. Il faut au moins le triple si l'on se sert des fils en parallèle et de la terre.

LA NOTION D'ADMITTANCE CARACTÉRISTIQUE,

par L.-J. COLLET,
ingénieur des Postes et Télégraphes.

On rencontre souvent, en électrotechnique ou en télégraphie, le problème suivant : Etant donné un réseau plus ou moins complexe, constitué au moyen d'éléments ayant des constantes électriques bien déterminées, on développe de l'extérieur, dans une branche du réseau, une certaine force électromotrice, alors qu'auparavant le système était électriquement au repos. Quelles sont les lois de variation de la charge des éléments du réseau, de l'intensité du courant, des différences de potentiel entre points du réseau.

Pour résoudre ce problème, on doit écrire d'abord les relations différentielles existant entre les grandeurs électriques, charge, intensité du courant, potentiel, aux divers points du réseau. De l'ensemble de ces relations, on peut tirer sans difficultés une équation différentielle ou un système d'équations différentielles reliant la fonction particulière cherchée à l'expression de la force électromotrice appliquée de l'extérieur.

Du fait que le réseau est soumis à l'action d'une force électromotrice extérieure, cette équation différentielle ou les équations de ce système ont des seconds membres.

Quand les seconds membres sont quelconques, la méthode classique de résolution d'une équation ou d'un système consiste à déterminer la solution générale de l'équation ou du système sans seconds membres, puis à tirer de cette solution, par quadratures, la solution cherchée, ce qui est un procédé laborieux.

Le recours à ce procédé est toujours inutile si les seconds membres sont de forme particulièrement simple, notamment quand ces seconds membres sont des constantes.

Il n'est peut-être pas inutile de rappeler que, dans le cas par-

ticulier du problème que nous avons énoncé, et grâce à la nature particulière des conditions initiales imposées, une formule simple relie la solution relative à l'application d'une force électromotrice variant suivant une loi quelconque, à la solution relative à l'application d'une force électromotrice constante : cette formule, souvent employée dans des travaux originaux, paraît oubliée du grand public français. Récemment, dans ses études sur la théorie du circuit électrique, John R. Carson en a souligné le grand intérêt.

Comme ce résultat tient à la nature des conditions initiales du problème, il ne saurait être généralisé qu'à bon escient. Nous nous proposons donc d'indiquer comment peut en être donnée la démonstration. Cela nous amènera d'ailleurs à préciser la manière d'exprimer analytiquement qu'un système électrique est au repos, au moment de l'application d'une force électromotrice : cette question est très simple, elle peut cependant embarrasser celui qui la rencontre pour la première fois au sujet d'un réseau électrique un peu compliqué.

Equations d'un réseau. — Nous allons considérer tout d'abord un réseau comprenant un nombre fini quelconque, n , de branches, caractérisées chacune par des coefficients de résistance, d'inductance propre et de capacité dont les valeurs seront constantes quel que soit l'état électrique du réseau, et où chaque branche du réseau pourra être couplée par induction mutuelle avec toute autre branche, les divers coefficients d'induction mutuelle ayant aussi des valeurs constantes.

Nous conviendrons qu'une branche sera telle que, en tout point d'une même branche, la quantité d'électricité ayant passé à un moment donné aura la même valeur. Par suite, il en sera de même de l'intensité du courant et de toute dérivée de cette intensité par rapport au temps.

Nous appellerons *nœud* tout point commun à deux ou plusieurs branches.

Les définitions que nous venons de donner des branches et des nœuds permettent de concevoir une infinité de manières de décomposer un même réseau en branches différentes, puisque

chaque partie d'une même branche peut, si on le veut, être considérée, dans une nouvelle décomposition, comme une branche. Il peut cependant être intéressant de remarquer que la différence entre le nombre n de branches et le nombre k de nœuds est toujours au moins égale à zéro, et a toujours la même valeur pour un réseau déterminé, quel que soit le mode de décomposition considéré.

Quoi qu'il en soit, écrivons l'expression des lois de l'électricité appliquées au réseau.

Affectons chacune des n branches d'un numéro i .

Désignons par Q_i la quantité d'électricité ayant passé, à un instant donné t , par la branche de numéro i ;

par I_i l'intensité du courant dans cette branche ;

par V_i la différence de potentiel entre ses extrémités.

Soient, d'autre part :

R_i la résistance,

L_i l'inductance propre,

C_i la capacité de cette branche i ,

M_{ij} l'inductance mutuelle de cette branche i et d'une autre branche j .

En vertu des lois de Kirchhoff, on a, pour chaque nœud, une relation de la forme :

$$(1) \qquad \sum Q_i = 0,$$

ou encore :

$$(1^{bis}) \qquad \sum I_i = 0,$$

la sommation étant étendue à toutes les branches qui aboutissent au nœud considéré, un sens convenable étant choisi pour la détermination du signe des quantités d'électricité ou des intensités de courant.

D'autre part, étant donné un contour fermé quelconque, constitué au moyen de branches diverses, on a, pour ce contour, la relation :

$$(2) \qquad \sum U_i = 0$$

si le contour ne comprend pas la branche dans laquelle est développée la force électromotrice extérieure. Si, au contraire, le con-

tour comporte la branche où est développée cette force électromotrice E , on a :

$$(3) \quad \sum U_i = E.$$

Dans les deux cas, la sommation s'étend aux branches constituant le contour fermé, et un sens convenable est choisi pour la détermination du signe des différences de potentiel.

D'autre part, on a :

$$(4) \quad U_i = \left(\frac{1}{C_i} + R_i \frac{d}{dt} + L_i \frac{d^2}{dt^2} \right) Q_i + \sum_j M_{ij} \frac{d^2 Q_j}{dt^2}.$$

Rien n'empêche que quelques-uns des coefficients $\frac{1}{C_i}$, R_i , L_i , ou M_{ij} , soient nuls. Si le réseau ne comporte aucun condensateur, il est plus simple d'écrire, au lieu de l'équation (4), l'équation équivalente :

$$(4^{bis}) \quad U_i \left(R_i + L_i \frac{d}{dt} \right) I_i + \sum_j M_{ij} \frac{dI_j}{dt}.$$

De l'ensemble de toutes les relations de la forme de (1), (2), (3) et (4) que l'on peut écrire, il est possible de tirer une équation différentielle reliant à la fonction E une fonction Q_i relative à une branche particulière à laquelle on s'intéresse. Si l'on effectue cette opération, on trouve en général une équation différentielle linéaire dont le second membre est une fonction non seulement de E , mais encore de quelques-unes de ses dérivées. La résolution directe de cette équation différentielle, en tenant compte des conditions initiales imposées, peut paraître assez embarrassante.

Pour montrer un caractère intéressant de cette solution, nous allons partir du fait, souventes fois démontré déjà, que la loi de variation des diverses quantités d'électricité Q_i est parfaitement déterminée lorsque la loi de variation de la force électromotrice E est donnée, et que seules les relations de la forme de (1), (2), (3) et (4) interviennent pour déterminer la solution du problème. Au point de vue de l'analyse, cela signifie que les n fonctions Q_i sont les solutions d'un système d'équations linéaires, différentielles ou non, comportant n équations linéairement indépendantes.

Pour former ce système, on peut procéder ainsi : On écrit, en premier lieu, toutes les relations de la forme de (1) qu'il est possible d'établir et qui soient linéairement indépendantes ; on complète ensuite à n le nombre d'équations en écrivant des relations de la forme de (3) et de (2), dans lesquelles les fonctions U_i sont remplacées par leur expression suivant (4), ces relations étant choisies de telle manière que toutes les équations du système définitif soient linéairement distinctes.

Le système ainsi obtenu n'est pas unique dans son genre. A partir d'un tel système, on peut en obtenir autant d'autres que l'on veut, par transformations linéaires. Si on le désire, on peut, en particulier, faire en sorte que, dans toutes les équations sauf une, le second membre soit nul.

Quoi qu'il en soit, le système ainsi obtenu présente le caractère suivant : le premier membre des équations ne comporte que les diverses fonctions Q_i , leurs dérivées premières et leurs dérivées secondes ; le second membre ne comporte que la fonction E , à l'exclusion de ses dérivées ou intégrales des différents ordres, ou bien est nul.

D'autre part, il est aisé de voir quel est l'ordre de ce système différentiel. A moins qu'une branche ne puisse être supprimée sans que cela doive modifier la répartition des charges dans l'ensemble du réseau (ce serait, par exemple, le cas d'une branche ou d'un ensemble de branches mises franchement en court-circuit, ou encore d'une branche ou d'un ensemble de branches jouant le rôle de la diagonale d'un pont de Wheatstone équilibré), il est nécessaire que le système comporte au moins une fois tout terme $Z_i Q_i$ et tout terme $M_{i,j} \frac{d^2 Q_j}{dt^2}$ (en désignant par Z_i le polynome différentiel

$$Z_i = \left(\frac{1}{C_i} + R_i \frac{d}{dt} + L_i \frac{d^2}{dt^2} \right).$$

De la manière dont on a procédé pour écrire le système, on n'a pu introduire de dérivées d'ordre supérieur à celles qui figurent effectivement dans les différentes équations (4). Si donc on fait abstraction des branches qui peuvent être supprimées, on voit que le chiffre de l'ordre du système est égal à la somme des chiffres de l'ordre

des diverses équations (4) relatives aux branches conservées. Ce chiffre est égal à 2 pour les branches comportant une inductance propre ou mutuelle. Il est égal à 1 pour les branches ne comportant aucune inductance, mais comprenant une résistance. Il est nul pour les branches comportant seulement des capacités.

Soit p le chiffre de l'ordre du système. La solution générale de ce système dépendant de p constantes arbitraires, il faut fixer p conditions initiales, linéairement indépendantes, pour exprimer qu'au moment où l'on applique la force électromotrice E , le système est électriquement au repos. Voyons quelles peuvent et doivent être ces conditions.

Lorsque le réseau est au repos, toutes les quantités d'électricité, toutes les intensités de courant, toutes les dérivées des divers ordres de ces intensités sont nulles. Or, au moment où l'on applique la force électromotrice, il faut que certaines de ces fonctions cessent d'être nulles : aucune d'elles ne peut cesser d'être nulle pour prendre une valeur finie sans que sa dérivée ne devienne à ce moment indéterminée.

Ainsi, lorsqu'une charge Q_i doit satisfaire à une équation (4) du second ordre, les deux conditions initiales à imposer pour exprimer que l'on part du repos, ne peuvent être que :

$$(5)_2 \quad Q_i = 0, \quad Q'_i = 0.$$

Alors, en effet, Q_i peut prendre s'il y a lieu une valeur finie et, comme Q_i ne figure pas dans l'équation, rien ne s'oppose à ce que cette fonction cesse d'être déterminée pendant l'instant où l'on applique la force électromotrice extérieure.

Pour la même raison, lorsqu'une charge Q_i doit satisfaire à une équation (4) du premier ordre, la condition initiale à imposer est que

$$(5)_1 \quad Q_i = 0.$$

Le nombre des conditions initiales ainsi obtenues est bien égal au chiffre de l'ordre du système.

Ces conditions aux limites sont donc faciles à écrire, puisqu'elles se déduisent du seul examen de la constitution des branches du réseau. Dans la pratique, lorsqu'on veut calculer une fonction Q^i

à laquelle on s'intéresse particulièrement, on considère en général, non pas le système de n équations dont il vient d'être question, mais quelque système ou quelque équation différentielle obtenue par élimination des autres fonctions Q . En pareil cas, l'expression des conditions aux limites à imposer à la solution n'est pas immédiate : elle résulte elle-même de l'élimination des inconnues étrangères, dans le système complet des conditions aux limites qui viennent d'être écrites pour les solutions du système de n équations.

Dans ce qui précède, nous avons considéré le cas général d'un réseau comportant des capacités. En l'absence de toute capacité, il n'est pas utile de considérer les fonctions Q : il est plus naturel de parler seulement des intensités de courant I (dérivées par rapport au temps des fonctions Q). Les simplifications ou modifications à apporter à l'exposé précédent se conçoivent immédiatement.

Expression générale de la loi des phénomènes transitoires.

— Nous venons d'indiquer quel est le système différentiel permettant de calculer la valeur de la quantité d'électricité passant en un point du réseau, lorsqu'on développe de l'extérieur, dans une branche du réseau, une certaine force électromotrice E . Nous avons indiqué également la manière d'exprimer qu'à un instant donné, où l'on applique une force électromotrice, le réseau est électriquement au repos.

Lorsque la force électromotrice E , appliquée à partir d'un certain instant considéré comme origine des temps, est une force électromotrice constante et maintenue en permanence, l'expression de la loi des phénomènes transitoires se calcule simplement. Il a été depuis longtemps remarqué que la connaissance de cette expression permet d'exprimer par une simple quadrature la loi des phénomènes relatifs à l'application d'une force électromotrice quelconque $f(t)$, à condition encore que cette force électromotrice soit appliquée à partir d'un instant où le réseau est électriquement au repos.

Soit en effet $Q_i(t)$ la valeur de la fonction Q_i , dans le cas où E est constant et égal à 1. Considérons la fonction :

$$(6) \quad Q_i = \frac{d}{dt} \int_0^t q_i(\tau) \cdot f(t - \tau) d\tau = \frac{d}{dt} \int_0^t q_i(t - \tau) f(\tau) d\tau.$$

Il est aisé de voir que l'ensemble de toutes les fonctions analogues, relatives aux diverses branches du réseau, satisfont à la fois aux équations générales et aux équations exprimant les conditions aux limites.

Pour montrer que ce système de fonctions est un système de solutions des équations générales, il suffit de montrer que ces équations sont satisfaites lorsqu'on donne aux inconnues les valeurs de ces fonctions.

En vertu de remarques faites plus haut, les équations du système sont de la forme de :

$$(7) \quad \mathcal{T} (Q_1, Q_2, \dots, Q_n) = E,$$

ou de la forme de :

$$(8) \quad \mathcal{T} (Q_1, Q_2, \dots, Q_n) = 0,$$

en représentant par $\mathcal{T}$ un certain polynôme différentiel d'ordre au plus égal à deux.

Cela étant, remarquons que l'expression générale de la dérivée d'une fonction Q_i , définie par la relation (6), est :

$$Q'_i = \frac{d}{dt} \int_0^t q'_i (t - \tau) f(\tau) d\tau + q_i(0) f(t).$$

Mais, si cette dérivée figure dans une des équations du système, nous avons vu que l'on a nécessairement, en vertu de (5)₁ ou de (5)₂,

$$q_i(0) = 0.$$

que par suite, pour une telle fonction :

$$(6') \quad Q'_i = \frac{d}{dt} \int_0^t q'_i (t - \tau) f(\tau) d\tau.$$

On verrait de même que, pour une fonction Q_i dont la dérivée seconde figure dans une des équations du système, on a, en vertu de (5)₂ :

$$q'_i(0) = 0.$$

et, par conséquent :

$$(6'') \quad Q_i = \frac{d}{dt} \int_0^t q'' (t - \tau) f(\tau) d\tau.$$

Dès lors, si l'on reporte les expressions (6), (6') et (6'') des différentes

onctions Q_i , dans les équations de la forme de (7) ou de (8), on obtient :

$$\mathcal{R}(Q_1, Q_2, \dots, Q_n) = \frac{d}{dt} \int_0^t \mathcal{X}(q_1, q_2, \dots, q_n) f(\tau) d\tau,$$

ce qui, pour une équation de la forme de (7), est identique à :

$$\frac{d}{dt} \int_0^t f(\tau) d\tau = f(\tau),$$

et, pour une équation de la forme de (8), est identiquement nul, puisque, par définition, les fonctions $q_1, q_2, \dots, q_n$ satisfont aux identités :

$$\mathcal{X}(q_1, q_2, \dots, q_n) = 1 \quad \text{ou} \quad 0.$$

D'autre part, l'ensemble des expressions (6), (6') et (6'') satisfait aux conditions aux limites imposées aux solutions. En effet,

$$\begin{aligned} \text{quand } q_i(0) = 0, \quad Q_i(0) &= 0; \\ \text{quand } q'_i(0) = 0, \quad Q'_i(0) &= 0. \end{aligned}$$

La proposition énoncée est donc bien démontrée.

On voit que la propriété qu'a l'intégrale (6) de représenter une solution du problème repose sur les deux faits :

1° qu'il est possible d'établir, entre les charges Q et la force électromotrice E , un système d'équations différentielles linéaires dans le second membre desquelles E figure sans être accompagné d'aucune de ses dérivées ou intégrales ;

2° que les conditions aux limites s'expriment en écrivant que certains termes, d'ordre différentiel inférieur, sont nuls à l'instant zéro.

Une semblable expression de la solution générale du problème peut se rencontrer dans beaucoup de problèmes analogues : elle ne se rencontrerait point si quelque-une des deux conditions énoncées n'était pas satisfaite, en particulier si le problème consistait à déterminer la loi de variation du potentiel en un point du réseau quand on injecte dans une branche du réseau une certaine quantité d'électricité.

Notion d'admittance caractéristique. — Dans notre démonstration, nous avons fait intervenir la quantité d'électricité

passant en quelque point d'une branche. En pratique, dans l'étude des problèmes d'électrotechnique ou de télégraphie, on s'intéresse plutôt à l'intensité du courant traversant cette branche : cette fonction est la fonction Q' dérivée de la première par rapport au temps.

Nous avons eu l'occasion de remarquer que cette intensité de courant possède aussi la propriété de pouvoir être représentée par une expression de la forme de (6) ou de (6') lorsque la branche qu'elle traverse ne se réduit pas à un condensateur seul.

Ainsi la loi de variation de l'intensité du courant dans la branche d'un réseau, lorsque dans quelque branche de ce réseau on développe de l'extérieur, à partir d'un instant où le réseau est électriquement neutre, une force électromotrice continue et permanente de valeur égale à l'unité, est une caractéristique très importante du réseau en ce qui concerne l'étude des phénomènes dus à l'action d'une force électromotrice variable. A la fonction représentant cette loi de variation, a été donné par John R. Carson le nom d'« indicial admittance », que nous traduisons par *admittance caractéristique*.

La notion d'admittance caractéristique est très générale. Dans notre démonstration, nous avons envisagé le cas d'un réseau comportant un nombre n quelconque, mais déterminé, de branches. En fait, ce nombre n'est pas intervenu dans la démonstration, qui ainsi subsiste alors qu'il s'agit d'une ligne de transmission à constantes réparties, ou encore de l'ensemble de telles lignes et de réseaux intermédiaires ou terminaux plus ou moins complexes.

LES PRÉVISIONS DANS LA CONSTRUCTION DES RÉSEAUX TÉLÉPHONIQUES, (1)

par J. G. HINES.

RÉSUMÉ. — Cet article a pour objet de décrire les méthodes employées par l'office britannique pour procéder aux études relatives à l'extension des réseaux téléphoniques, élaborer les projets de travaux et déterminer la période optimum pour la réalisation des installations projetées. Cet article étant destiné à être lu en même temps qu'un autre rapport traitant des méthodes employées dans les réseaux de distribution d'énergie, on a évité de donner ici des descriptions détaillées qui ne présenteraient d'intérêt que pour les ingénieurs des téléphones. On a pu traiter une grande partie du sujet ; mais certaines questions qui auraient demandé, pour être traitées à fond, de trop grands développements, n'ont pu être qu'esquissées en quelques paragraphes. Il y a lieu de penser néanmoins que les renseignements donnés ici permettront au lecteur de se faire une idée assez exacte des méthodes adoptées par l'office britannique pour se livrer aux études en question.

MÉTHODE POUR ÉTABLIR LES PRÉVISIONS RELATIVES A L'EXTENSION DES RÉSEAUX TÉLÉPHONIQUES.

Les études destinées à prévoir le nombre probable des abonnés qui existeront à une époque donnée dans un certain réseau ne sont pas exécutées par les ingénieurs, mais sont confiées au service des abonnements, qui est également chargé de recruter des abonnés nouveaux. Les deux services travaillent cependant en étroite collaboration.

L'ingénieur est chargé d'établir les installations répondant à l'accroissement escompté et de calculer la période pour laquelle il est économique d'établir de nouvelles installations. Il surveille aussi le rythme avec lequel les installations sont mises en service

1. Traduction d'un article paru dans le *Journal of the Institution of electrical engineers*, mai 1929.

et détermine le moment où il est nécessaire de prendre des dispositions préliminaires en vue de l'extension future des installations.

Dans le but de déterminer aussi exactement que possible l'extension future, l'ingénieur se procure une carte cadastrale sur papier transparent de la circonscription territoriale où il se propose d'augmenter les installations, et sur une épreuve tirée de la carte il porte des points pour marquer l'emplacement de chaque abonné existant. Il délimite ensuite des îlots convenables ou zones de distribution, dont les limites sont déterminées par le nombre des lignes existantes, le caractère des propriétés bâties, et la position par rapport aux trajets des câbles. Ces délimitations sont tracées sur les cartes cadastrales transparentes. Des copies de ces cartes sont envoyées ensuite au service des abonnements après avoir inscrit dans chacune des zones de distribution une série de petites lignes parallèles. Sur la ligne du haut, l'ingénieur porte le nombre des abonnés existants. Les autres lignes sont utilisées par l'agent des abonnements pour y indiquer le nombre d'abonnés présumés à certaines époques, en général 5, 10 et 20 ans plus tard.

Dans des circonscriptions de grande densité téléphonique, on peut rencontrer un certain nombre de grands immeubles susceptibles de former chacun une zone de distribution distincte et où il peut être nécessaire d'installer un câble distinct pour chaque étage ou même pour une partie d'un étage. Dans ces cas-là, les cartes ne sont pas assez grandes pour pouvoir y tracer tous les rectangles, et il est plus pratique pour l'ingénieur de distinguer ces immeubles sur les cartes par un signe particulier et de dresser des tableaux annexes sur lesquels on mentionnera l'accroissement présumé.

A la réception des plans où figurent les zones de distribution et le nombre des lignes existantes, le service des abonnements donne à chaque zone de distribution un numéro de référence. Un inspecteur de ce service se rend alors sur les lieux et visite en détail chaque partie de la zone. Il se met en rapports avec toutes les personnes susceptibles de lui fournir des renseignements judicieux sur le développement futur du quartier et les constructions projetées et, sur ce point, il a intérêt à consulter, par exemple, les em-

ployés municipaux, les surveillants de districts, les agences de vente et location de propriétés, les entrepreneurs de maçonnerie, etc. Il fait une enquête sur le mouvement de la population au cours des années précédentes pour en tirer la loi de son accroissement futur, sur le prix des loyers, la prospérité ou la décadence des industries locales, la possibilité de la création de nouvelles industries ou de l'extension d'industries anciennement installées, la transformation de locaux d'habitation en locaux industriels ou commerciaux, la mise en exploitation ou l'abandon de mines et carrières, la démolition de vieux quartiers et l'édification de maisons sur des emplacements nouveaux, l'électrification des chemins de fer, l'extension des moyens de transport, etc... Il étudie également le genre d'affaires auxquelles on se livre dans chaque zone. Il ne s'ensuit pas que deux affaires d'importance et de nature apparemment similaires nécessitent le besoin d'un même nombre de lignes principales, car l'une peut consister en un commerce au détail impliquant la vente au comptant exclusivement, tandis que l'autre comprend surtout la vente à crédit, laquelle entraîne un nombre beaucoup plus grand d'appels téléphoniques.

Dans les villes où l'on constate une division nettement marquée en quartiers d'affaires et en quartiers de résidence, il est possible d'appliquer un système de classification des locaux et de fournir à l'agent chargé des expertises détaillées un tableau indiquant le nombre de postes téléphoniques par local de chaque catégorie dont il semble logique de prévoir l'existence à certaines époques. Ce tableau est basé sur une connaissance générale de la circonscription considérée et sur la rapidité avec laquelle cette zone et des zones semblables ont atteint leur développement actuel. Pour dresser ce tableau, il faut tenir compte du fait que l'habitude de téléphoner se généralise de plus en plus et que de nouveaux abonnés entraînent toujours de nouvelles personnes à s'abonner elles aussi.

Si l'on trace des graphiques faisant ressortir le développement du téléphone dans les villes comptant de très nombreux abonnés, on constate généralement une brusque ascension de la courbe qui marque le moment où les personnes appartenant à certaines classes sociales ont fini par admettre qu'elles devaient posséder

un poste téléphonique si elles ne voulaient pas être considérées comme étant en retard sur leur époque. Il n'est pas possible de prévoir exactement le moment où, dans les agglomérations comptant actuellement peu d'abonnés, se produira cet accroissement brusque de leur nombre ; mais on peut, dans beaucoup de cas, établir des prédictions dont l'avenir justifiera la sagacité.

Les tableaux indiquant le nombre de postes téléphoniques escomptés par occupant ne peuvent servir que de guides. Il peut y avoir deux rues dans lesquelles les loyers sont aux mêmes prix ; mais dans l'une les maisons sont de construction ancienne, tandis que dans l'autre elles sont toutes neuves. Or on a remarqué presque invariablement qu'il y a des demandes d'abonnement en plus grand nombre dans la rue où se trouvent des maisons neuves. Cela est dû probablement à ce fait que les maisons neuves sont occupées par des personnes plus jeunes, lesquelles ont une tendance plus impérieuse à adopter les méthodes modernes de communication, ou par des personnes qui ont trouvé insoluble le problème de la domesticité et, en conséquence, ont transporté leurs pénates dans une maison plus petite où, grâce à l'utilisation des procédés scientifiques appliqués à l'économie ménagère, grâce à l'automobile et au téléphone, elles peuvent réduire au minimum leurs besoins en personnel ancillaire.

Dans les grandes villes, la classification par catégories de locaux a paru d'une application plus difficile, parce qu'il n'est pas rare de trouver côte à côte des propriétés de classe supérieure (au point de vue téléphonique) et des propriétés de médiocre valeur. Avant que ne soit expirée la période sur laquelle s'étendent les prévisions, les propriétés les plus petites peuvent être démolies et remplacées par de grands hôtels privés dont l'unique occupant se contente d'un seul poste téléphonique, ou bien par des groupes de petites maisons ou des locaux commerciaux dont chacun exige un grand nombre de postes téléphoniques. Il est donc nécessaire de se livrer à des enquêtes de détail touchant les modifications susceptibles d'être apportées aux propriétés. Il faut également compter largement, quand il s'agit de banquiers, courtiers, agents de change et autres affaires similaires qui ont besoin d'un nombre

de lignes disproportionné à l'espace occupé par leurs bureaux.

On peut mentionner ici que cette dernière catégorie d'abonnés est, pour l'ingénieur, une source de soucis, à cause de ce fait, déjà signalé plus haut, qu'un abonné possède des lignes à son usage exclusif d'un bout à l'autre du trajet menant de son poste au central téléphonique. Les affaires dont traitent les agents de change et les courtiers subissent de grandes fluctuations que, dans une période florissante, ces abonnés demandent à doubler, quadrupler ou sextupler le nombre de leurs lignes, tandis que, s'il survient une crise économique, ils demandent, au contraire, la résiliation de leurs abonnements. Si des lignes, qui ont été installées pour répondre aux besoins de l'accroissement normal prévu dans la circonscription, sont utilisées et raccordées pour satisfaire à des demandes de cette nature, il est possible que d'autres abonnés subséquents soient obligés d'attendre qu'on ait posé de nouvelles lignes avant de recevoir eux-mêmes satisfaction et que, ces travaux étant exécutés, les abonnements relatifs aux lignes précédemment mentionnées soient résiliés sur ces entrefaites, d'où il résultera que l'administration possèdera des lignes en excédent des besoins prévus et qui resteront inutilisées pendant un certain nombre d'années.

A première vue, il peut sembler que ces exemples de fluctuations dans le développement d'un réseau n'ont pas un grand intérêt; mais, si l'on songe que l'on dépense annuellement environ 3 millions de livres pour l'installation de lignes urbaines, on se rendra compte qu'une estimation exacte de la distribution des futurs abonnés et du nombre de ces abonnés est au contraire une question de la plus haute importance.

Quand tous les renseignements possibles ont été recueillis, l'agent du service des abonnements procède à l'estimation du nombre des lignes téléphoniques qui seront nécessaires dans chaque flot représenté sur la carte. Il prépare, quand cela est possible, un tableau dont nous donnons ci-dessous un spécimen. Les lettres portées dans la colonne horizontale indiquent la catégorie des locaux. Par exemple, A indique les bureaux d'affaires de première classe et les banques; B, les bureaux de même nature appartenant

Bureau..... Carte.....

ILOT		Bureaux d'affaires.					Magasin.	Boutiques.				Hôtels, cafés, etc....		Usine.	Résidences.				Fermes.	Divers.	Nombre de lignes principales à prévoir								
N°						F	G	H	I	J	K	L	M	N	P	R	S	T	U	V	W	Y	Z	X		dans 6 ans		dans 21 ans	
	A	B	C	D	E																			6 an.	11 an.	à partir du 1 ^{er} avril prochain.	à partir du 1 ^{er} avril prochain.		
1	1								1																	6	9	13	
2				2				1																		5	7,5	11	
3											5															1	5	12,5	
4					5																					4,6	6,05	10,3	
5			1								1															4,15	6,5	9	
6														2			5	10								(R 5 S 8)	9,5	15	
	1	1	2	5				1	1			6		2			5	10								22,45	44,45	70,8	

à la deuxième classe ; R indique les locaux d'habitation dont les loyers dépassent 120 livres ; S, ceux dont les loyers sont compris entre 90 et 100 livres ; etc... Les renseignements sont condensés et transcrits sur une copie de la carte, puis transmis à l'ingénieur.

Chaque circonscription est révisée tous les cinq ans, et l'on fait une étude détaillée de ces circonscriptions ou portions de circonscriptions toutes les fois qu'on s'aperçoit de l'inexactitude des estimations antérieures. Une expertise spéciale a lieu dès qu'un ingénieur signale que l'extension du nombre des postes d'abonnés situés dans un ilot donné excède de beaucoup les prévisions, au point de nécessiter une prompte installation de lignes complémentaires.

UTILISATION DES DONNÉES RELATIVES AU DÉVELOPPEMENT PRÉSUMÉ.

Les données fournies par l'agent du service des abonnements sont utilisées à plusieurs fins, dont l'une est, évidemment, la détermination du nombre de lignes à installer dans une circonscription et de la méthode la plus économique pour exécuter ces installations. Elles serviront encore à déterminer s'il est nécessaire d'augmenter l'équipement du bureau ou même d'agrandir l'immeuble abritant le bureau qui dessert la circonscription ; s'il est désirable de créer un second bureau et quel serait son emplacement logique ; quelle est la capacité et quel est le type de câbles qu'il convient de poser pour écouler le trafic supplémentaire du bureau local aux autres bureaux.

Du fait que, lorsqu'on s'occupe d'installer des conducteurs supplémentaires, on doit porter son attention non seulement sur les caractéristiques de transmission de la parole, mais aussi sur la manière dont on devra traiter le trafic qui sera écoulé sur ces conducteurs, il est nécessaire de faire une étude de toute la ville dont la zone considérée forme une partie. Dans le cas d'un village ou d'une petite ville desservie par un seul bureau, il est probable que les prévisions détaillées fournies par l'agent du service des abonnements s'appliqueront à la circonscription totale desservie par ce

bureau. La tâche de l'ingénieur est alors simplifiée, car elle est limitée à l'étude de l'action qu'exercera l'accroissement présumé du nombre de lignes sur le bureau existant et les circuits rayonnant de ce bureau vers les autres villes. L'ingénieur pourra trouver que les nouvelles prévisions apportent un tel changement dans les projets antérieurs qui, même si le bureau existant recevait toute l'extension que permet sa capacité, il ne saurait satisfaire aux besoins croissants que pendant quelques années encore et que, par conséquent, il n'y a pas lieu d'agrandir l'immeuble. Il devra alors se livrer à des études en vue d'établir un projet permettant d'obtenir avec le minimum de dépenses un service de qualité irréprochable. Ses investigations peuvent démontrer qu'il sera économique de conserver le bureau existant, de réduire l'étendue de sa circonscription, et de créer un ou plusieurs autres bureaux pour desservir le reste de la circonscription. Dans d'autres cas, on trouvera plus économique de desservir la ville entière au moyen d'un seul bureau, situé sur un nouvel emplacement que des études précises auront désigné comme étant le centre téléphonique de la cité.

Pour élaborer son projet, l'ingénieur prend en considération la longueur moyenne des lignes et le type de conducteur requis, le prix des terrains, des immeubles et de l'équipement complémentaire, et la fraction du trafic local qui emprunterait les lignes auxiliaires dans le cas où la ville devrait être dotée de nouveaux bureaux.

Nécessité d'avoir un plan fondamental de jonction dans une ville desservie par plusieurs bureaux. — Si les études préliminaires indiquent qu'une ville sera mieux desservie du fait qu'on installera plusieurs bureaux sur son territoire, il est nécessaire de préparer et de tenir constamment à jour un plan fondamental, montrant l'équipement idéal du réseau correspondant au développement présumé. S'il vient à se produire une augmentation soudaine de demandes d'abonnement dans une partie d'une circonscription, il sera alors possible de déterminer rapidement quelles mesures on devra prendre pour qu'elles soient conformes

à l'équipement idéal, c'est-à-dire à l'équipement qui permettra de relier économiquement les abonnés et de traiter les appels avec un minimum de frais.

La préparation d'un plan fondamental a une importance considérable et exige des études minutieuses et une grande pratique. Si les prévisions d'extension d'un réseau urbain indiquent, par exemple, que l'on s'attend à y compter 10.000 abonnés à une certaine époque, il est évident qu'il y a plusieurs moyens de faire face à cette augmentation progressive. Il est possible, tout au début, de construire un immeuble pouvant recevoir 10.000 lignes et de disposer les organes de commutation dans des salles *ad hoc*, ou bien l'immeuble peut être conçu de manière à ne recevoir au début qu'un certain nombre de lignes, mais à offrir toutes les facilités d'extension au fur et à mesure des besoins. On peut encore prendre un autre parti et, au lieu de construire un seul et très grand central, faire édifier plusieurs bureaux plus petits, convenablement situés en divers points de la cité. Dans ce cas, non seulement il est possible qu'il y ait plus d'argent à dépenser pour l'acquisition de terrains et d'immeubles, mais il est certain qu'on aura à supporter des dépenses plus élevées pour les lignes auxiliaires et les installations servant à écouler le trafic entre les bureaux. Il y aura aussi une augmentation des frais de personnel, non seulement parce qu'un grand nombre d'appels exigeront l'intervention de deux opératrices, mais aussi parce que les téléphonistes travailleront par équipes moins nombreuses. Enfin il y aura des frais, nécessités par l'équipement complémentaire à prévoir dans ce cas-là.

On pourra opposer à toutes ces dépenses supplémentaires l'économie qu'on réalisera sur les lignes d'abonnés, non seulement parce que ces lignes seront plus courtes, mais aussi parce que, du fait de cette réduction de leur longueur, on pourra les établir avec des conducteurs de section plus faible. Pour mettre cet avantage en relief, on peut dire que, si la longueur des lignes est réduite au point qu'il soit possible d'employer, pour leur construction, des conducteurs pesant 10 livres par mile au lieu de conducteurs pesant 20 livres par mile, le nombre de paires de conducteurs pouvant être compris dans un câble de 2 pouces $\frac{3}{4}$ de diamètre sera porté de

300 à 800 et le prix par mile de circuit bifilaire, si le câble est sous une chaussée du genre ordinaire, sera réduit environ de moitié. Si la longueur de circuit est réduite de moitié, la dépense sera réduite à un quart, puisque la réduction porte à la fois sur la longueur et sur le poids unitaire du conducteur.

Il ne s'ensuit pas nécessairement que l'on devra profiter d'une réduction de la longueur des lignes d'abonnés pour les établir avec des conducteurs de plus faible diamètre. On adopterait évidemment ce système si l'on n'avait à tenir compte que du bureau local. Nous avons déjà dit plus haut que l'on devait étudier les conditions propres à chaque circonscription de bureau, de concert avec les conditions de transmission sur les artères rayonnant du bureau local. Chaque abonné peut avoir à demander des communications interurbaines ou des communications avec un abonné de son propre réseau mais rattaché à un bureau différent, et, comme on doit tenir compte de cela quand on décide du choix des types de conducteurs à installer, il peut être plus économique, dans certains cas, de rechercher une qualité de la transmission supérieure à celle qui serait suffisante pour les communications locales, afin de réduire le calibre des conducteurs qui est requis pour l'échange de communications interurbaines ou de communications urbaines transitant par plusieurs bureaux.

Le premier stade de la préparation d'un plan fondamental consiste à faire une division approximative de la circonscription en sections délimitées par des rivières, canaux, voies ferrées, parcs, etc... à travers lesquels il peut ne pas être possible ou désirable de faire des installations téléphoniques, et à traiter ces sections séparément.

PRÉPARATION DE GRAPHIQUES

RELATIFS AUX FACTEURS VARIABLES IMPORTANTS QUI AFFECTENT
LES PROJETS D'INSTALLATIONS.

Avant d'aller plus loin, il est bon de préparer une série de documents ayant pour but de faciliter les études à faire et de réduire le temps à y consacrer pour les mener à bonne fin. Ces documents

consistent en une série de graphiques sur lesquels sont portés les chiffres moyens représentant tous les facteurs variables dont on doit tenir compte. Il n'est généralement pas nécessaire de tenir compte des éléments que l'on est sûr de trouver réunis dans tous les projets possibles susceptibles d'être adoptés et, en procédant

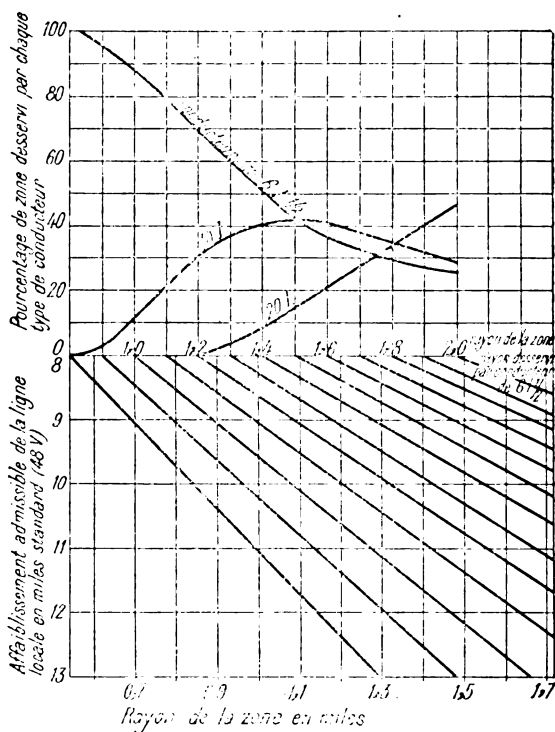


Fig. 1. — Graphique montrant la fraction de zone pouvant être desservie par différents types de conducteurs.

ainsi, on rendra beaucoup plus faciles les travaux de recherches.

Les graphiques types sont tous préparés en supposant que les circonscriptions aient la forme d'un cercle et que les lignes d'abonnés soient uniformément distribuées. Si l'on a à traiter une circonscription irrégulière, où existe en même temps une distribution irrégulière des abonnés, il est nécessaire d'appliquer un facteur de correction de manière à déterminer la zone circulaire qui lui est équivalente au point de vue du prix de revient des installations.

Un des avantages présentés par cette manière de traiter la question consiste dans ce fait que l'on peut déterminer approximativement la capacité la plus économique à donner au bureau central en se servant de graphiques types auxquels on a appliqué des

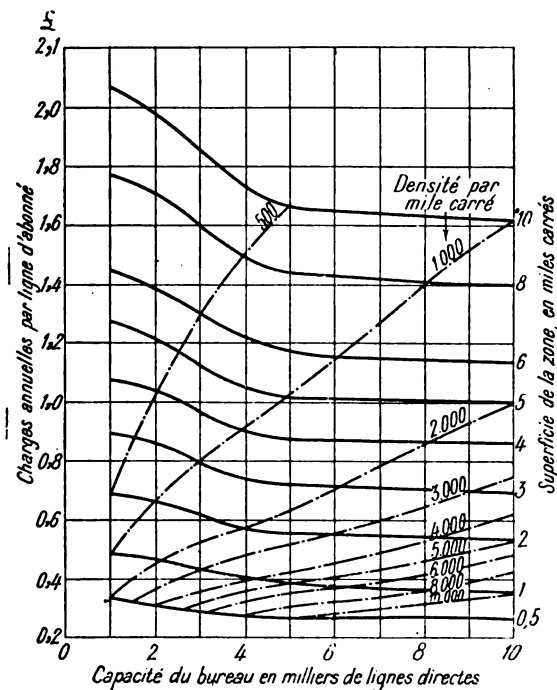


Fig. 2. — Graphique montrant les charges annuelles relatives aux installations de réseau par ligne d'abonné pour des bureaux d'une capacité de 10.000 lignes desservant des circonscriptions de superficie variable et suivant la densité téléphonique par mile carré. Réseau automatique du système Strowger ; 48 volts ; résistance de boucle : 300 ohms.

(On a supposé la zone circulaire; la densité uniformément distribuée, et le centre pratique situé aux $2/5$ du diamètre de la zone.)

facteurs de correction, au lieu d'avoir à établir une série de graphiques distincts pour chaque cas.

Un des facteurs variables les plus importants est le réseau à installer entre le bureau et le domicile des abonnés. Le poids des conducteurs utilisés dans les câbles renfermant les circuits d'abonnés peut être de $6\frac{1}{2}$, de 10 ou de 20 livres par mile, et il est nécessaire de trouver le moyen de déterminer facilement comment varieront

les proportions de chaque type de conducteur par rapport aux variations de la circonscription desservie par un bureau. Cela est conditionné par le type d'équipement employé et par la perte de transmission admissible de la part des lignes d'abonnés. La figure 1 est un graphique type montrant, pour un cas particulier, comment on peut déterminer la fraction de zone qui peut être desservie par chaque type de conducteur quand on connaît la zone et l'affaiblissement admissible. Par exemple, dans une zone circulaire dont le rayon est de 1,2 mile, si l'on admet pour la ligne d'abonné un affaiblissement de 10,2 miles standard, on aurait 22 % des lignes d'abonnés avec des conducteurs de 10 livres et 78 % avec des conducteurs de 6 livres $\frac{1}{2}$.

En construisant ces graphiques, on tient compte du fait que, dans un district desservi par plusieurs bureaux, ces derniers ne sont pas toujours situés au centre géométrique de la zone qu'ils desservent respectivement, mais qu'ils occupent parfois une position excentrique. On obtient donc ainsi, comme partie de la zone pouvant être desservie par les conducteurs les plus légers, une fraction plus petite que si l'on supposait les bureaux centraux au centre géométrique de leur circonscription.

Les résultats ainsi obtenus sont utilisés pour construire d'autres graphiques qui indiquent comment la dépense annuelle par ligne d'abonné varie avec la densité des abonnés et la superficie de la circonscription desservie par un bureau. La figure 2 montre un exemple de ce type de graphiques. En établissant ces graphiques, il faut tenir compte de l'augmentation des frais par circuit résultant de l'emploi de câbles de petite capacité dans les circonscriptions comptant peu d'abonnés.

Frais supplémentaires de jonction quand un réseau comporte plusieurs centraux. — Un autre facteur de grande importance est le volume du trafic local qui est écoulé par des lignes auxiliaires quand un réseau urbain est divisé. Cela peut être facilement mis en évidence par la figure 3. Cette figure montre le résultat obtenu en divisant la circonscription primitive d'un bureau en deux ou quatre parties. On verra que, lorsqu'un district

qui était desservi auparavant par un seul bureau est divisé en quatre parties égales, 75 % des appels seront traités par des lignes auxiliaires. Ceci n'est vrai que si la communauté des intérêts est uniforme sur toute l'étendue du district. Il y a généralement une plus grande communauté d'intérêts entre les abonnés de la circonscription d'un même bureau qu'il n'y en a entre des abonnés appartenant à des circonscriptions différentes ; mais il n'en est pas tou-

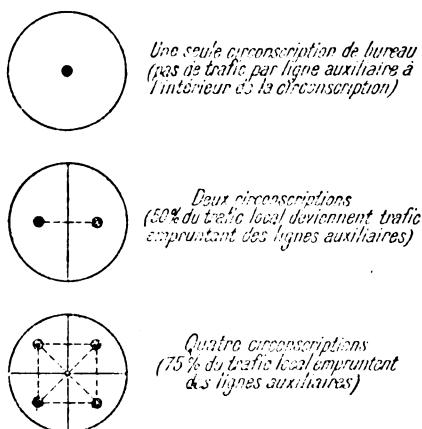


Fig. 3. — Trafic local empruntant des lignes auxiliaires quand on divise un réseau urbain en plusieurs circonscriptions.

jours ainsi. La communauté d'intérêts varie avec le caractère de la circonscription et avec les relations que celle-ci entretient avec les circonscriptions des autres bureaux faisant partie du même groupe. Des statistiques portant sur une certaine période permettront de déterminer le pourcentage des appels qui deviendront appels de jonction quand on aura divisé un district.

Supposons, à titre d'exemple, que le trafic soit uniformément réparti sur toute la superficie du district ; la figure 4 montrera alors le pourcentage du trafic local qui sera traité par lignes auxiliaires.

Il faut maintenant déterminer le nombre de lignes auxiliaires nécessaires pour l'écoulement de ce trafic. Pour obtenir ce nombre, il faut appliquer la théorie des probabilités à l'appui d'observations

effectives portant sur le trafic effectif et le trafic artificiel. La méthode implique également une détermination de la qualité du service, c'est-à-dire du rapport du nombre des appels qui trouveront toujours une ligne auxiliaire disponible au nombre de ceux qui trouveront toutes les voies temporairement occupées et devront être renouvelés.

La figure 5 montre, pour un cas simple, comment le nombre de lignes auxiliaires nécessaires varie avec le volume du trafic et

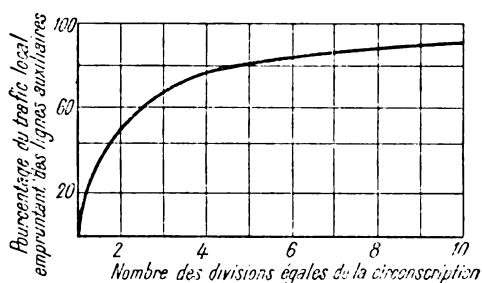


Fig. 4. — Trafic local empruntant des lignes auxiliaires quand une circonscription est divisée en parties égales.

$$J = L \frac{N-1}{N},$$

où J = trafic local passant par des lignes auxiliaires,
 L = trafic local avant la division de la circonscription,
 N = nombre de divisions égales de la circonscription.

le nombre de divisions. Le volume du trafic par lignes auxiliaires et l'acheminement de ce trafic pèsent lourdement sur le choix de l'emplacement d'un bureau et par suite sur la longueur moyenne des lignes d'abonnés à rattacher à ce bureau. Les fils utilisés pour les lignes auxiliaires sont généralement plus gros que les fils employés pour les lignes d'abonnés et il en contient beaucoup moins dans une conduite de calibre donné. Ils sont aussi plus longs. Le prix de revient par mile d'une ligne auxiliaire est donc beaucoup plus élevé que celui d'un circuit d'abonné de même longueur dans le même réseau. Dans un réseau urbain desservi par plusieurs bureaux, le prix de revient moyen par mile de circuit auxiliaire s'élève au double et parfois au quadruple de celui du mile de cir-

cuit d'abonné, et la longueur d'un circuit auxiliaire peut être de 6 à 8 fois plus grande que celle d'une ligne principale d'abonné.

La valeur actuelle des dépenses annuelles relatives au complément de lignes auxiliaires que nécessite par abonné la division d'un

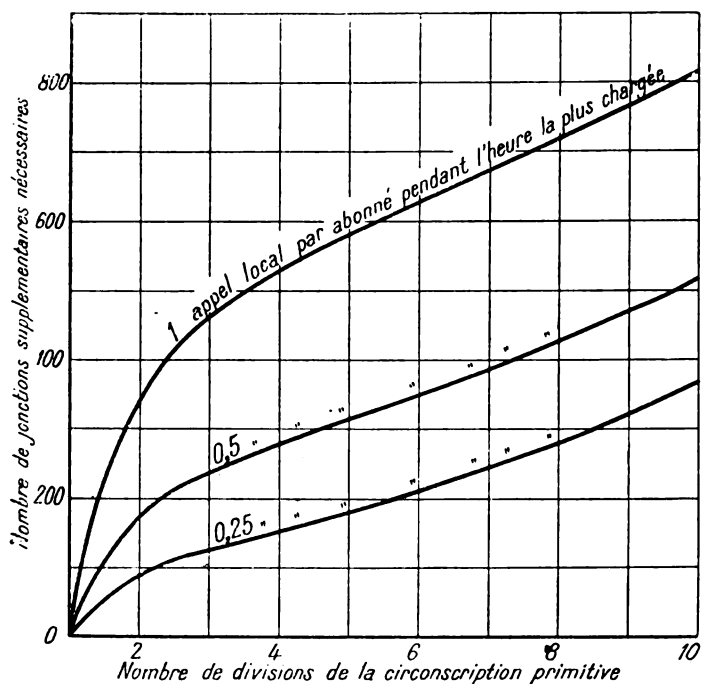


Fig. 5. — Nombre de circuits auxiliaires nécessaires pour écouler le trafic local qui devient trafic de jonction quand on divise une circonscription de 10.000 lignes en un certain nombre de circonscriptions égales.

réseau urbain en plusieurs circonscriptions desservies par des bureaux distincts, est obtenue par l'application de la formule suivante :

$$\text{Valeur actuelle des frais de jonction par abonné} = \frac{PCLJ}{N} + \frac{P'EJ}{N}.$$

Dans cette formule,

C = dépense annuelle par mile de circuit auxiliaire à efficacité normale;⁽¹⁾

P et P' = coefficients pour convertir en valeur actuelle les dépenses annuelles s'étendant sur la période adoptée pour l'exécution du projet,

1. Par *efficacité normale*, il faut entendre le rapport moyen du nombre des fils en service au nombre total des fils contenus dans un câble.

L = longueur en miles par circuit auxiliaire,

J = nombre de circuits auxiliaires,

E = dépenses d'équipement supplémentaire par circuit auxiliaire,

N = nombre de lignes dans la circonscription primitive du bureau.

Les valeurs de P , C et E dépendent des frais de construction réglementaires et du taux de l'intérêt, tandis que L variera en fonction du nombre des nouveaux bureaux créés et de la diminution des distances entre les bureaux.

La valeur à donner à J varie beaucoup suivant le nombre d'appels par abonné, la durée moyenne d'un appel, et le rapport du nombre d'appels pendant l'heure chargée au nombre d'appels pendant les 24 heures.

Le problème de l'heure chargée est en quelque sorte semblable à celui du facteur de charge dans les réseaux d'énergie. L'office britannique, comme toutes les autres compagnies de téléphones, s'efforce de fournir à sa clientèle, sur toutes les lignes, sauf peut-être sur les longues lignes interurbaines, un service sans délai d'attente, ce qui implique l'existence d'installations, en quantité suffisante pour satisfaire à la charge maximum. On a trouvé qu'un sixième environ des appels téléphoniques se produisaient pendant l'heure chargée, tandis que les cinq sixièmes des appels se répartissaient sur les 23 heures restantes. L'équipement, étant installé sur la base de l'heure chargée, excède fortement celui qui est requis pour satisfaire aux besoins du reste de la journée. La période chargée maximum, ou « heure chargée du groupe » sur chaque groupe de jonctions, ne se manifeste pas simultanément et ne coïncide pas toujours avec l'heure chargée du bureau. Cet état de choses présente des avantages analogues à celui qui résulte du facteur de diversité dans les réseaux d'énergie et il provoque une tendance à réduire l'équipement nécessaire pour traiter la charge pendant la période la plus chargée.

Dans le cas des communications interurbaines, où l'on enregistre séparément le moment exact auquel chaque appel est fait, il a été possible d'établir des réductions de tarif ayant pour objet d'amener du trafic pendant les heures les moins chargées ; mais on n'a pu encore trouver le moyen pratique d'en faire autant en ce

qui concerne les communications urbaines. Ces dernières sont enregistrées par un compteur électrique n'indiquant pas l'heure à laquelle les appels ont eu lieu. Il est évident que, si la charge maximum était uniformément répartie sur plusieurs heures, le coût des lignes auxiliaires et les autres dépenses en personnel et matériel seraient diminuées, ce qui aurait une appréciable répercussion sur l'économie générale d'un réseau.

On se rendra peut-être mieux compte de l'importance qui s'attache à cette question si l'on songe que, pour un bureau de capacité moyenne, soit 5.000 lignes, dans un réseau urbain à plusieurs bureaux, le coût du réseau des lignes auxiliaires d'un bureau aux autres bureaux du même groupe urbain peut atteindre de 60.000 à 80.000 livres.

Autres dépenses variables. — Les autres dépenses variables importantes se rapportent aux terrains, aux immeubles abritant les bureaux, à l'équipement et à l'exploitation. Il est nécessaire de construire un certain nombre de graphiques, si l'on veut étudier l'action exercée par les variations du taux d'accroissement du nombre des abonnés, de la valeur des terrains par pied carré, de la densité des appels (c'est-à-dire du nombre d'appels par ligne principale d'abonné et par jour), et aussi des frais de personnel dans les cas où il s'agit de bureaux manuels. La figure 6 montre un graphique type pour un réseau desservi par l'automatique. On verra que, dans ce cas, la capacité qui est la plus économique pour ce bureau est de 3.500 lignes.

Utilisation des graphiques types. — L'emploi des graphiques dont on vient de parler permet d'éliminer un grand nombre de méthodes d'organisation d'un réseau, et, à défaut de ces graphiques, il faudrait se livrer à des études de détail beaucoup plus ardues.

La densité et la distribution des futurs abonnés dans un réseau dont on prépare les plans d'extension sont l'objet d'une étude en vue de déterminer quelle serait la zone circulaire dans laquelle il y aurait le même nombre d'abonnés uniformément distribués

et avec la même longueur moyenne de ligne. On peut alors se servir des graphiques pour se faire une idée approximative de l'étendue de la circonscription qu'il convient de faire desservir par un bureau. On a ainsi un guide, grâce auquel il est nécessaire seulement de

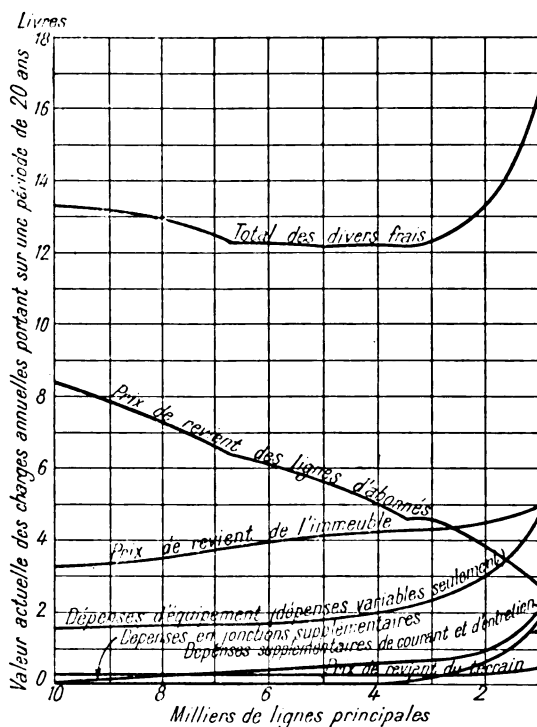


Fig. 6. — Graphique type montrant, pour une période de vingt ans, la capacité optimum d'un bureau automatique, dans une circonscription où le taux d'accroissement du nombre des abonnés est de 5 % par an, et la densité de 3.000 abonnés par mille carré à la fin de la période.

n'examiner en détail que deux ou trois projets possibles sur les huit ou dix qui se présentent à l'esprit et qui, sans le guide en question, devraient être tous étudiés.

Chacun des projets paraissant les plus avantageux est développé dans tous ses détails et l'on y tient compte de toutes les conditions locales. Puis on prépare un rapport financier comparatif.

Plan des subdivisions d'un réseau. — En élaborant un projet d'extension d'un réseau, il faut tenir compte des emplacements des bureaux où il reste de la place disponible pour une extension ultérieure, et, partout où il est possible de le faire, on choisira les limites des circonscriptions des bureaux de manière que les bureaux existants en question soient situés près du centre pratique. On divise alors le reste de la ville en circonscriptions de bureaux

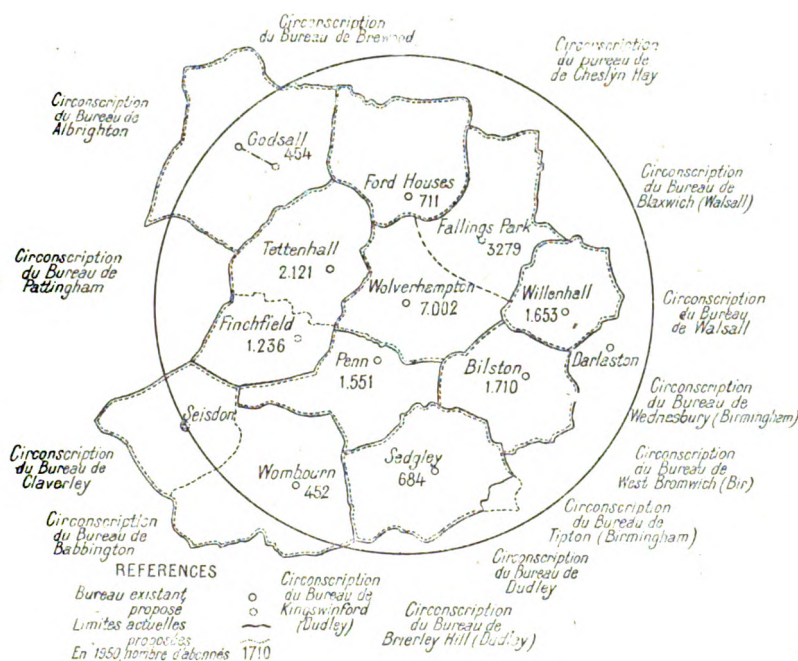


Fig. 7. — Plan du réseau automatique de Wolverhampton.

convenables et l'on en dresse un plan général (voy. fig. 7). Ce plan n'est pas seulement destiné à faire apparaître les meilleurs moyens de soulager un bureau qui approche de la saturation ; mais il permet encore de faire aboutir de nouvelles lignes à un bureau existant, de telle manière qu'on puisse les transférer plus tard avec un minimum de frais au nouveau bureau le mieux approprié à leur rattachement. Ce plan est également très utile quand on apprend la mise en vente de terrains qui conviendraient pour l'emplacement

de bureaux téléphoniques, car il permet de faire les achats à bon escient.

Soulagement des bureaux existants. — Pour se rendre compte du soulagement qui sera apporté aux bureaux existants par la mise en service de nouveaux bureaux, on construit des gra-

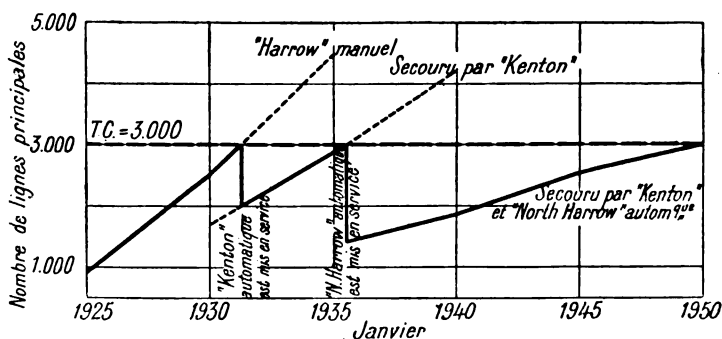


Fig. 8. — Bureau manuel de Harrow après le secours emprunté à South Harrow.

phiques du genre de celui que représente la figure 8. Ces graphiques servent à dresser un tableau de priorité indiquant dans quel ordre les nouveaux bureaux doivent être mis en service.

DÉTERMINATION DE L'EMPLACEMENT OPTIMUM POUR UN NOUVEAU BUREAU.

Une fois qu'on a dressé la carte de la circonscription d'un nouveau bureau, il est nécessaire de trouver le point de la circonscription où le bureau devra être situé pour que le coût moyen des lignes d'abonnés et des lignes auxiliaires soit le plus bas possible.

Les données relatives à l'extension présumée sont utilisées pour déterminer le centre théorique des lignes d'abonnés prévues dans la circonscription, c'est-à-dire le point à partir duquel la longueur moyenne des lignes d'abonnés serait minimum. La figure 9 montre une phase de ce travail. On fait le compte des abonnés dans le sens vertical, de manière à pouvoir tracer une ligne verticale telle qu'elle laisse à sa gauche un nombre d'abonnés approxi-

mativement égal au nombre d'abonnés situés à sa droite. On en fait de même dans le sens horizontal, et l'intersection des deux perpendiculaires indique le centre téléphonique approximatif.

Nombre de lignes principales prévues

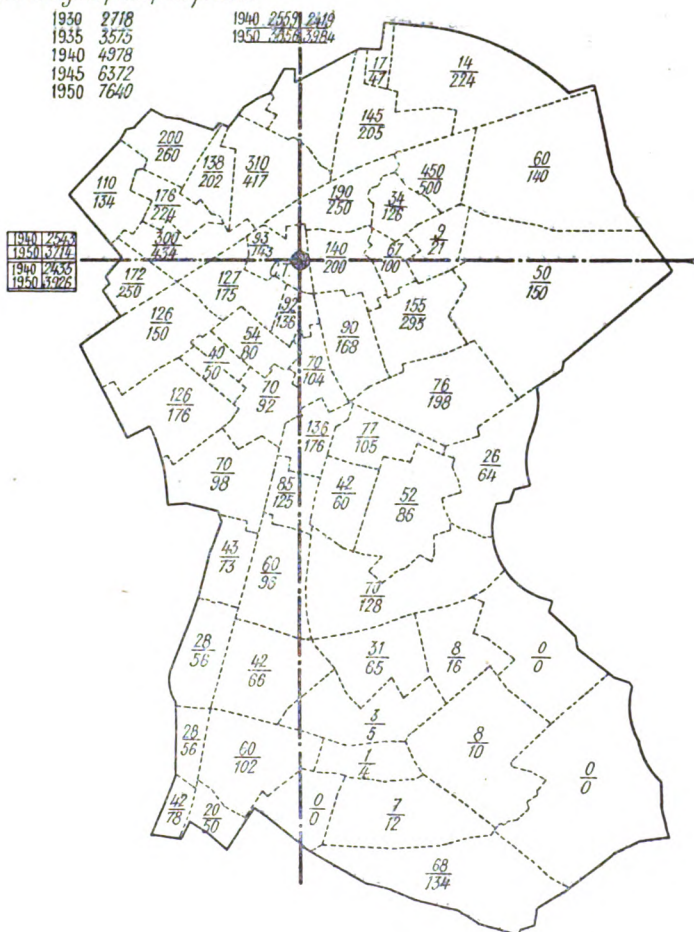


Fig. 9. — Circonscription proposée pour le bureau de Cedars, dont le centre théorique est en C.T..

Si tous les abonnés pouvaient être desservis par un conducteur du même type, le centre, déterminé comme il est dit ci-dessus, serait le vrai centre théorique des abonnés ; mais, dans la pratique,

on constate généralement qu'il existe des groupes d'abonnés irrégulièrement disséminés aux confins de la circonscription, et ces abonnés doivent être reliés au bureau par des conducteurs de plus gros calibre. On applique donc des facteurs de poids aux chiffres relatifs à l'extension, c'est-à-dire qu'on multiplie les nombres relatifs aux prévisions d'extension par des coefficients qui repré-

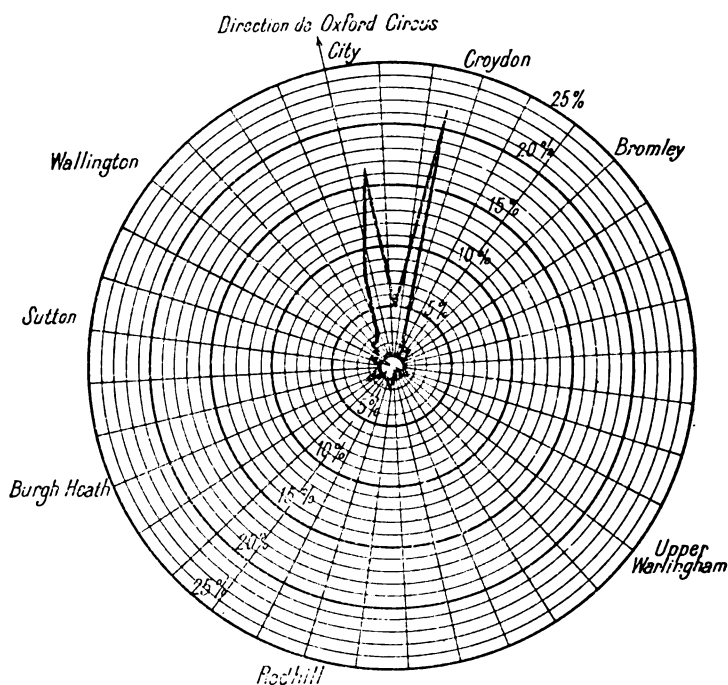


Fig. 10. — Distribution du trafic empruntant le réseau de Purley, à l'heure chargée.

sentent les rapports des prix des différents types de conducteurs. Le centre théorique déterminé par l'emploi des nombres ainsi calculés est utilisé pour obtenir une indication des points où les lignes auxiliaires en provenance des autres bureaux devraient pénétrer dans la circonscription, et l'on fait alors l'estimation des circuits auxiliaires nécessaires dans chaque direction, en tenant compte du type de conducteur requis. Le degré suivant lequel la répartition du trafic par câbles auxiliaires peut affecter l'empla-

cement du bureau est indiqué par la figure 10, sur laquelle on peut voir une indication graphique du pourcentage de trafic de jonction dans les diverses directions. A ce propos, on rappellera ce que l'on a déjà établi précédemment, à savoir que la dépense par mile est plus grande pour les lignes auxiliaires longues que pour les lignes courtes. On obtiendra ensuite un troisième centre théorique en tenant compte des besoins des abonnés et des lignes auxiliaires, besoins rendus comparables par un coefficient convenable. Ce sera le centre idéal ; mais celui-ci peut ne pas être en même temps un centre pratique, car il peut se faire qu'il tombe dans un jardin public ou en un lieu de la ville où il serait impossible soit de se procurer un terrain, soit d'exécuter les installations extérieures.

Pour obtenir le centre pratique, les nombres relatifs à l'extension (qui ont été affectés du facteur de poids convenable) sont rassemblés sur les voies praticables, et l'on en fait la somme dans la direction du centre théorique jusqu'à ce qu'on atteigne un point où les différences entre les nombres considérés provenant des différentes directions soient minima.

COMPARAISON

DES PRIX DE REVIENT DES LIGNES SUIVANT LES EMPLACEMENTS ÉVENTUELS DU BUREAU.

On recherche, pour y établir le bureau, un emplacement situé au voisinage du centre pratique. Comme il arrive rarement que l'on puisse obtenir à cet endroit précis un emplacement de dimensions convenables et de prix acceptable, il est nécessaire de préparer une étude comparative des frais nécessités pour amener les lignes aux différents emplacements jugés convenables qui se trouvent à une distance raisonnable du centre pratique. Cette étude est basée sur la valeur actuelle des dépenses annuelles d'installations de lignes pendant un certain nombre d'années, et l'on y tient compte de ce fait qu'une certaine proportion des frais sont différés. Ces frais d'installation de lignes, rapprochés des frais relatifs à l'achat des terrains et à la construction ou à l'aménagement des immeubles, tous ces frais dépendent des emplacements envisagés pour le bureau

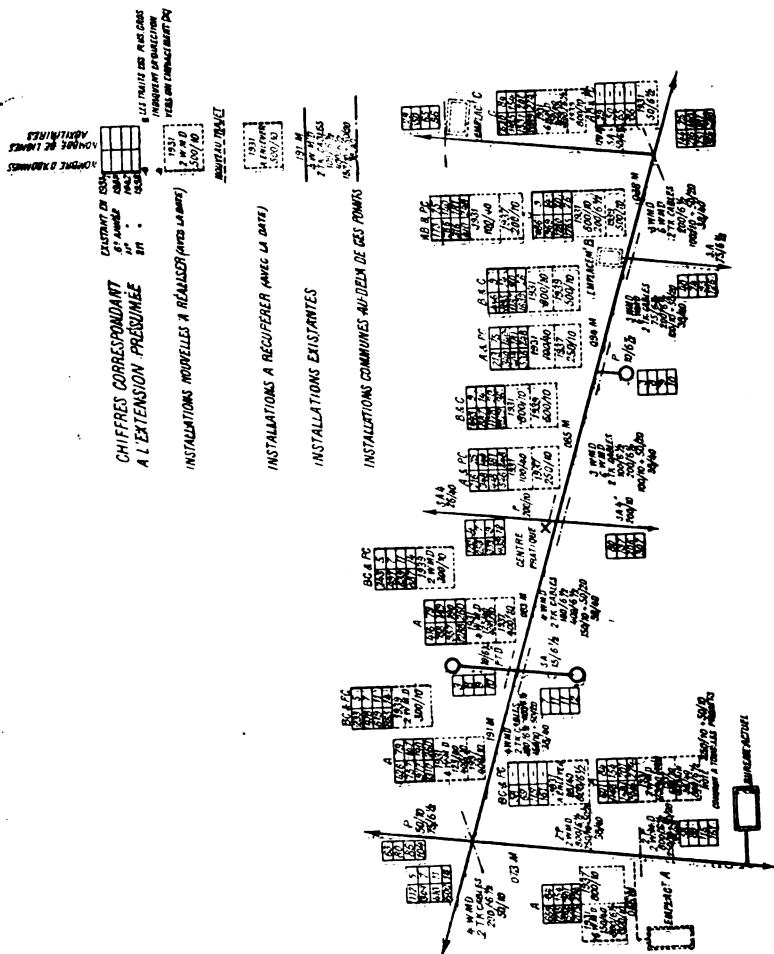


Fig. 14. — Diagramme montrant les installations nécessitées par les emplacements A, B, C (susceptibles d'être choisis pour le bureau) et par le centre pratique. Bureau de Blanktown.

et permettent de faire une comparaison judicieuse entre les divers projets examinés.

Comme les emplacements peuvent être situés dans des rues différentes, il n'est pas impossible que le tracé des lignes diffère pour chaque emplacement, et il pourra se faire que, pour tel emplacement, on puisse utiliser encore les installations existantes, alors que, si l'on porte son choix sur tel autre, on ne pourra plus continuer à se servir des anciennes installations. La préparation d'un plan complet, touchant l'organisation téléphonique d'une circonscription, pour chacun des emplacements où il serait possible d'installer le bureau, serait un procédé laborieux et coûteux auquel il n'est pas nécessaire d'avoir recours. Dans la pratique, on fait une sélection des points qui, sur les trajets de câbles existants et proposés, sont communs à tous les emplacements étudiés pour le bureau, et l'on prépare une étude en vue de faire ressortir les dépenses relatives aux canalisations et aux câbles pour chacun des emplacements et à partir de ces points communs, ainsi que les pertes résultant dans chaque cas de la mise hors d'emploi des installations qu'on ne peut utiliser. En calculant ces pertes, il est nécessaire de déterminer la date à laquelle les installations seront rejetées du service et le nombre d'années restant à courir à partir de cette date pour atteindre la durée normale qui leur était primitivement assignée.

La figure 11 montre un type de projet de canalisations et de câbles préparé dans ce but, et le tableau A montre une comparaison typique des frais d'installations de ligne se rapportant à chaque emplacement. On remarquera qu'on n'a fait figurer ici que les dépenses d'entretien relatives aux éléments de l'installation existante dont on continue à se servir. Ceci s'accorde avec le principe de l'élimination des éléments communs à chaque problème. Pour les installations à supprimer, la perte qui en résulte est considérée comme étant la valeur actuelle des charges relatives à l'intérêt et à la dépréciation et qui portent sur le reste de la durée antérieurement prévue comme durée normale de ces installations. Quant aux installations à conserver, la charge totale annuelle comprend les intérêts, la dépréciation et l'entretien. Par conséquent, dans

Tableau A. — Service
Frais d'installations extérieures pendant la période 1931-1951 pour un bureau qui serait
comparés aux frais relatifs à un bureau qui serait situé

DATES	Type de l'installation.	Capital correspondant aux nouvelles installations à réaliser.	Charges annuelles grevant les installations nouvelles.		Valeur actuelle des charges annuelles jusqu'à la fin de la période de 20 ans.		Capital nouveau	Installations	
								Charge annuelle pour l'entretien	
			Taux.	Montant.	Coefficient.	Montant		Taux.	Montant.
(a)	(b)	(c)	(d)	(e = c × d)	(f)	(g = e × f)	(h)	(j)	(k = h × j)
		£	%	£		£	£	%	£
Emplacement A									
1931	Canalisations.	519	6,3	32,7	—	—	—	—	—
	Câbles.	1662	11,5	191,2	—	—	—	—	—
				223,9	12,46	2790	—	—	—
1937	Câbles.						203	5	10,2
	Câbles.	889	11,5	102,2	7,39	755	—	—	—
Emplacement B									
1931	Câbles.	547	11,5	61,9	12,46	784	—	—	—
1937	Câbles.	29	11,5	3,3	7,39	24	—	—	—
1939	Canalisations.	233	6,3	14,7	—	—	—	—	—
	Câbles.	618	11,5	71,1	—	—	—	—	—
				85,8	6,00	515	—	—	—
Emplacement C									
1931	Canalisations.	216	6,3	13,6	—	—	—	—	—
	Câbles.	1390	11,5	159,0	—	—	—	—	—
				173,5	12,46	2162	—	—	—
1939	Canalisations	551	6,3	34,7	—	—	—	—	—
	Câbles.	684	11,5	78,7	—	—	—	—	—
				113,4	6,00	680	—	—	—
Centre pratique									
1931	Câbles.	281	11,5	32,3	12,46	402	—	—	—
1937	Câbles.	105	11,5	22,4	7,39	165	—	—	—
1939	Canalisations.	213	6,3	14,7	—	—	—	—	—
	Câbles.	302	11,5	34,7	—	—	—	—	—
				49,4	6,00	296	—	—	—

technique du Post Office.

situé soit en A (42, King street), soit en B (13, Queen street), soit en C (20, Princes street), 42, Duke street, centre pratique de la même circonscription.

à conserver.			Installations nouvelles nécessaires pour remplacer les installations figurant dans la colonne (h) avant la fin de la période de 20 ans.							Valeur totale actuelle des charges annuelles.
Valeur actuelle de la charge annuelle d'entretien jusqu'à la fin de la durée en service ou la fin de la période de 20 ans.			Montant du capital.	Charge annuelle.			Valeur actuelle		(w) (= g + p + v)	
Années.	Coefficient	Montant.		Taux.	Montant.	Années.	Coeff.	Montant		
(m)	(n)	(p = k × n)	(q)	(r)	(s = q × r)	(t)	(u)	v = s × u		
		£	£	%	£			£	£	
(42, King street).										
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
8	6,46	66	203	11,5	23,4	8* à 20*	6,0	140	375,1	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
(13, Queen street).										
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	1323	
(20, Princes street).										
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	2842	
(42, Duke street).										
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	863	

une étude comparative, il suffit de porter son attention sur le dernier des éléments du problème, puisque les deux premiers sont communs à chaque cas.

DUREE OPTIMUM DE LA PÉRIODE
DE RÉALISATION DES PROJETS.

Avant de dresser les plans de l'immeuble qui abritera le bureau ou d'établir le projet des diverses installations à réaliser, il est nécessaire de savoir pour quelle période il est économique de réaliser des installations en excès sur les besoins actuels.

La détermination de cette période exige une étude des plus délicates si, d'une part, on ne veut pas s'exposer à conserver inoccupée plus que de raison une trop grande quantité de matériel et si, d'autre part, on ne veut pas avoir à supporter plus tard des frais excessifs du fait qu'ayant sous-estimé les besoins on a établi des installations trop petites ou que l'on doit remplacer des installations devenues insuffisantes ou ne convenant plus, bien qu'elles ne soient restées en service que pendant une faible partie de la période de temps considérée comme devant être leur durée normale.

Pour se livrer à cette étude, il est d'usage de tenir compte, pour chaque catégorie d'installations, des éléments suivants :

- a) Intérêts du capital ;
- b) Dépenses annuelles d'entretien, exprimées en pourcentage du capital ;
- c) Dépréciation annuelle, exprimée en pourcentage du capital ;
- d) Période pendant laquelle les dépenses sont effectuées ;
- e) Estimation de la tendance vers la hausse ou la baisse des dépenses relatives aux terrains, au matériel et au personnel ouvrier.

La somme $a + b + c$ représente, cela va de soi, la charge annuelle. Comme ces dépenses peuvent être prises en charge à des époques différentes, il est nécessaire de déterminer d de manière à pouvoir comparer les dépenses se rapportant aux divers projets examinés sur la base de la somme des valeurs actuelles des charges annuelles pour la durée de service des installations ou pour tout autre période désirée. Quant au dernier élément, e , il ne peut être

qu'une estimation approchée, basée sur les renseignements qu'on a pu se procurer.

Les installations dont doit s'occuper l'ingénieur des téléphones peuvent être divisées *grosso modo* en trois grandes catégories : 1. *Emplacements et immeubles* ; 2. *Équipement* ; 3. *Réseau*.

Emplacements et immeubles. — Une étude récente, basée sur les facteurs précédemment mentionnés, a démontré que l'emplacement sur lequel on a l'intention d'élever un bureau téléphonique devrait normalement être assez vaste pour permettre l'édification d'un immeuble susceptible de recevoir les lignes téléphoniques présumées comme devant exister trente ans après sa construction et que, s'il était possible de le faire à un prix raisonnable, il faudrait se procurer un espace suffisant pour une extension ultérieure de l'immeuble en vue de doter éventuellement ce dernier d'une capacité double de celle qu'on vient d'indiquer. Si l'on peut se procurer ce supplément de terrain, on l'utilisera pour y garer du matériel, des camions, des échelles, des bobines de câble, etc..., jusqu'au moment où il devient nécessaire d'y élever de nouvelles constructions.

L'immeuble initial est conçu pour s'adapter à l'extension présumée pendant la première période de quinze ans et pour pouvoir se prêter aux extensions nouvelles au cours de la période de trente ans, avec un minimum de gêne pour les installations existantes.

Dans le cas de petits bureaux, il est nécessaire d'accorder une attention spéciale au service des appels de nuit. Ces appels peuvent être en nombre insuffisant pour justifier la présence permanente d'un opérateur en service. Il faut rechercher s'il est désirable de fournir un logement assez spacieux, dans les locaux du bureau, à l'agent remplissant à la fois les fonctions d'opérateurs de nuit et de gardien de l'immeuble, et, le cas échéant, quelles sont les dépenses qui en résulteraient. Si l'on doit construire un nouvel immeuble, comprenant des logements, il faut en dresser les plans de manière que, lorsque le moment sera venu de doter le réseau d'un service de nuit complet, les pièces réservées jusqu'alors à

l'opérateur-gardien dont l'emploi sera supprimé puissent être absorbées dans l'accommodement général du bureau.

Les dépenses actuelles pour les terrains et immeubles sont enregistrées et classées de manière à pouvoir corriger, le cas échéant, les graphiques qui montrent la relation entre les frais d'immeubles et de terrains et la densité téléphonique d'un réseau, graphiques dont nous avons déjà parlé.

Equiperment. — La période sur laquelle doit porter le projet, en ce qui concerne l'équipement, varie avec la nature de celui-ci et l'importance des travaux de réinstallation qu'il est nécessaire d'effectuer quand on ajoute de l'outillage. Si l'on projette d'installer un nouveau bureau manuel de grande ou de moyenne capacité, ou d'ajouter des positions d'opératrices ou des bâtis d'appareils supplémentaires à un de ces bureaux, on trouve qu'il est, en général, économique de le doter de l'outillage nécessaire aux besoins de cinq années. Si les meubles existent déjà et qu'il s'agisse seulement d'en équiper une plus grande partie, il est économique de calculer les installations pour une période plus brève, généralement de deux ou trois ans.

Dans le cas d'un bureau automatique, où la plus grande partie des installations consiste en des organes fixés sur des bâtis, la période moyenne d'exécution d'un projet relatif à l'équipement du bureau tout entier est de moins longue durée que pour un bureau manuel d'égale capacité.

Quant aux petits bureaux, le problème se présente différemment parce que, au point de vue économique, la période sur laquelle doit s'étendre le projet touchant l'équipement est étroitement liée à la question de la disposition des édifices. Il existe en magasin des types d'équipement pouvant être facilement installés dans des locaux loués à des particuliers pour servir de bureau provisoire. Quand ce bureau doit être transféré dans un autre immeuble, le matériel dont il est équipé peut être récupéré sans trop de pertes. Dans beaucoup de cas, eu égard au matériel ainsi récupéré, la valeur actuelle des charges annuelles ressortissant à un bureau de l'espèce pour la période où il est en service, est sensiblement inférieure à

la valeur actuelle des charges annuelles qui pèseraient sur un bureau installé à l'origine dans un immeuble neuf.

Réseau. — Dans les réseaux téléphoniques, le prix de revient des installations extérieures constitue une grande partie du capital total investi, et il est naturel, par conséquent, que l'on prenne les plus grands soins pour déterminer le type le plus convenable pour les installations à réaliser et la période la plus économique pour leur réalisation. Il n'existe pas de période économique qui soit commune à tous les types de réseaux, et il est nécessaire, pour en fixer la durée, de se livrer à des investigations pour chaque type d'installations. Pour atteindre le but dans lequel nous avons écrit cet article, nous diviserons ces installations en trois catégories : a) Conduites ; b) Câbles ; c) Installations aériennes.

a) *Conduites.* — Types de conduites. — L'office britannique a expérimenté un certain nombre de types de conduites en vue de déterminer quel est le type qui s'adapte le mieux aux conditions variées communément rencontrées dans la pratique. Il n'existe pas un seul type pouvant être qualifié de meilleur pour toutes les conditions. Pour les artères exigeant un certain nombre de conduites, le type le plus communément employé a la forme d'un tuyau de terre cuite vernissée, avec bout mâle et bout femelle permettant de les adapter bout à bout. Les extrémités de ces tuyaux sont enduites, au moment où on les fabrique, d'une certaine composition, et, quand on procède à la pose, avant de les abouter, on les lute avec un compound chaud. Les canalisations peuvent comprendre un certain nombre de « voies ». On en fait qui ont jusqu'à 9 voies. On obtient un plus grand nombre d'artères en employant une combinaison de conduites multi-tubulaires. Ces conduites sont posées directement dans le sol sans qu'il soit nécessaire de les protéger par du béton.

Si l'on a besoin d'un très grand nombre de conduites, il est préférable d'employer un type de canalisation à simple joint par approche, qui peut être construit comme un ouvrage en briques, à l'aide de mortier, et auquel on donne la forme voulue pour s'adapter à l'espace disponible. Les joints sont enveloppés d'une bande

de calicot préparé pour empêcher le mortier de pénétrer dans la canalisation. L'ensemble ainsi obtenu est entouré de béton sur une épaisseur de 4 à 6 pouces, suivant ses dimensions et la nature de la chaussée. Un avantage de ce type de canalisation, c'est que la forme peut en être progressivement modifiée quand on a des obstacles à éviter. Comme les artères en grosses conduites ne sont généralement utilisées que dans les quartiers congestionnés, où l'on trouve beaucoup d'obstacles sous la chaussée, cette facilité de modifier la forme de la canalisation est particulièrement appréciable. On utilise aussi des tuyaux de fonte ou d'acier ; mais l'usage en est moins répandu. Ils sont en effet plus coûteux, et l'on a surtout recours à eux dans des circonstances qui s'opposent à l'emploi des conduites en poterie.

Sous les voies publiques où une canalisation suffira aux besoins pendant un assez grand nombre d'années, on réalise généralement cette canalisation sous la forme d'une simple conduite en poterie. Si les besoins paraissent devoir être très faibles, mais cependant suffisants pour justifier l'installation de circuits souterrains et les travaux de terrassement, on fait usage de caniveaux en sapin créosoté. Le caniveau a la forme rectangulaire et il est creusé longitudinalement d'une rainure semi-circulaire ayant 1 pouce $\frac{1}{2}$. On pose une grande longueur de caniveau dans la tranchée ; on place le câble à l'intérieur de la rainure, et l'on recouvre le tout d'une section de caniveau identique à la première, le côté plat par dessus, de manière à former avec celle-ci une conduite tubulaire ayant 1 pouce $\frac{1}{2}$ de diamètre. Les deux pièces formant le caniveau sont assemblées par des brides en fil métallique fixées à une certaine distance les unes des autres. Les extrémités des sections sont aboutées par approche, mais les joints de la partie supérieure ne sont pas faits aux mêmes points que ceux de la partie qui constitue le fond. Les joints dans la partie formant le fond sont renforcés par l'adjonction d'une pièce de bois de 12 pouces tenue en place par des clous. Vu les conditions dans lesquelles est réalisé ce type de conduite, on ne l'emploie que si l'on ne doit y poser à l'origine qu'un petit câble et s'il est vraisemblable qu'on n'aura pas à y poser plus tard de câbles supplémentaires. Toute-

fois, si cela devenait nécessaire, il serait néanmoins possible, en se servant d'une aiguille mince, d'introduire de nouveaux câbles de petit calibre par dessus le câble existant. Si le développement du réseau est plus rapide qu'on ne l'avait prévu à l'origine et si l'on n'a pas laissé dans une conduite un espace suffisant pour permettre d'y introduire ultérieurement un câble de dimensions convenables, il est économique parfois de retirer le câble existant et de le remplacer par un autre câble qui remplira tout l'espace disponible. De cette façon, on peut retarder de quelques années l'engagement des dépenses supplémentaires nécessitées par les fouilles et par l'installation de conduites supplémentaires.

Si le développement du réseau est très lent, si les frais de réfection de la chaussée sont élevés, et si l'on croit posséder une certitude en ce qui concerne la distribution des abonnés, il est plus économique d'employer des câbles protégés, directement posés dans le sol.

Le nombre des canalisations devant satisfaire aux besoins futurs est déterminé par des considérations économiques ; mais il peut se produire des circonstances opportunes qui modifient les premiers projets. Si l'augmentation présumée du nombre des abonnés pendant la période de vingt ans indique qu'il faudra, par exemple, vingt canalisations supplémentaires pour recevoir les circuits qu'on s'attend à voir exister à la fin de la période sur laquelle porte le projet, et si l'accroissement est uniforme, on pourra satisfaire aux besoins des abonnés, soit en posant immédiatement les vingt canalisations, soit en réalisant les installations à raison d'une canalisation par an. Il n'est évidemment pas désirable d'exécuter les canalisations au taux d'une par an, parce que, en dehors des protestations bien compréhensibles que cela provoquerait de la part des usagers de la voie publique et du service des ponts et chaussées, il faudrait chaque fois payer des frais de réfection, et parce que, par dessus tout, après la première et la seconde série de travaux, les difficultés rencontrées dans la pose de nouvelles canalisations ne feraient qu'augmenter. Le rapport des frais de réfection de la chaussée, par canalisation posée, aux autres frais nécessités en l'occurrence décroît à mesure que le nombre de canalisations

tions augmente. D'autre part, une augmentation du nombre de canalisations au delà des besoins immédiats impliquera des charges annuelles en installations, mais non en service. Il est évident, par conséquent, qu'il existe un nombre déterminé d'installations à faire en même temps pour qu'il y ait, à procéder ainsi, de sensibles économies. Le nombre de ces installations simultanées est conditionné par le type de chaussée, la nature de la canalisation, le prix de la main-d'œuvre et des matériaux, et aussi par le taux actuel de l'intérêt de l'argent.

Les chaussées sont de types très différents, de même qu'il y a plusieurs types de canalisations. Etant donné ce grand nombre de variables, il faut se livrer à un grand nombre de calculs ; mais ce nombre peut être considérablement diminué si l'on adopte la méthode suivante.

On prépare un graphique type qui montre la relation entre les charges annuelles et le capital quand on investit ce capital en installations d'égale importance tous les deux, trois ou quatre ans. On remarquera que, quel que soit le montant du capital, la relation avec les charges annuelles sera la même. On tire des copies de ce graphique, et l'on choisit une échelle convenable de manière que le prix de revient de chaque pose périodique des conduites (dont l'importance est déterminée de manière à réaliser entièrement en vingt ans l'installation requise) puisse être représenté par des lignes verticales en traits mixtes, comme on le voit sur la figure 12, laquelle montre le prix de revient afférent à la pose de canalisations sous une chaussée carrossable. On joint les points où ces lignes verticales coupent les droites inclinées primitives du graphique, et le point le plus bas de la courbe ainsi obtenue indique la période la plus économique de réalisation du projet. Les dépenses sont portées sur le graphique pour des installations comprenant deux, trois, quatre, six, neuf, douze, etc... canalisations. On verra que, si les vingt canalisations nécessaires dans vingt ans sont exécutées par groupes de trois à la fois tous les trois ans, la valeur actuelle des charges annuelles sera de 28.000 livres. Si neuf canalisations sont effectuées tous les neuf ans, la valeur correspondante sera de 16.800 livres ; tandis que, si l'en

en pose vingt en une seule fois, cette valeur sera de 15.800 livres.

On a préparé des graphiques pour établir le prix de revient des canalisations à installer sous chaque type commun de chaussée et pour tous les types de canalisations comme pour tous les groupements de canalisations.

S'il se produit quelque modification dans les éléments qui constituent les charges annuelles, à savoir le taux des intérêts, les frais d'entretien et la dépréciation du matériel, il est nécessaire de construire une série de nouveaux graphiques.

Les dépenses, qui interviennent pour l'élaboration des graphiques, ne sont relatives qu'à des tracés rectilignes et à des profondeurs normales. On ne tient pas compte des travaux occasionnels, tels que des fouilles de plus grande profondeur ou de plus grande largeur à pratiquer en vue d'éviter des obstacles fortuits, ni des dépenses concernant les chambres de raccordement. Ces éléments sont trop variables pour qu'il y ait lieu de les faire entrer en ligne de compte dans la construction des graphiques. Mais, avec les graphiques sous les yeux comme guide, et grâce aux renseignements recueillis à la suite d'une enquête méthodique sur les obstacles présumés, un ingénieur peut déterminer la période la plus économique pour l'exécution du projet se rapportant au cas considéré.

Il ne faut pas perdre de vue, non plus, qu'il y a une tendance marquée à établir des chaussées d'un type plus coûteux qu'auparavant, et cela surtout pour les voies carrossables. Cela a pour effet d'augmenter la durée de la période pour laquelle il est économique d'établir des canalisations.

Plan d'ensemble des canalisations principales. — Une connaissance de la période optimum pour l'exécution d'un projet, des prévisions touchant le développement du réseau et la capacité des canalisations rendent possible la préparation d'un plan montrant le nombre de canalisations nécessaires sur les artères principales pour toute la période qu'embrasse le projet. Ce plan montre le nombre de canalisations existant en réserve et le nombre qu'il sera désirable de poser quand on aura exécuté les fouilles. Il est constamment tenu à jour, d'après les renseignements les plus récents qu'on

a pu se procurer sur les variations subies par les prévisions antérieures touchant le nombre des abonnés nouveaux, le développement des lignes auxiliaires et des lignes interurbaines, variations qui peuvent impliquer une modification du nombre ou de l'emplacement des canalisations futures. En se reportant à ce plan, on peut déterminer s'il y aurait avantage à profiter de l'exécution des travaux de voirie, notifiés de temps à autre par le ministre des travaux publics ou les autorités locales, pour établir des canalisations avant l'époque à laquelle elles seraient effectivement nécessaires. En cas de doute sur l'opportunité de cette opération, on fait le calcul de la valeur actuelle des frais annuels imputables aux installations exécutées avant que le besoin ne s'en soit manifesté, et l'on compare ces chiffres à l'économie réalisée du fait qu'on exécute les travaux téléphoniques en conjugaison avec une autre catégorie de travaux. Le coût de l'opération n'est évidemment pas la seule question à considérer, mais il n'en est pas moins vrai qu'il joue, ici, un rôle très important.

Le plan dont nous venons de parler est également d'une grande utilité quand on étudie l'acheminement du trafic téléphonique en vue de soulager certaines artères sur le point d'être congestionnées.

On ne fait pas figurer sur ce plan les artères qui ne renferment pas de câbles auxiliaires ou de câbles interurbains, car, si l'on agissait autrement, cela rendrait trop laborieuse la tenue à jour du plan et, de plus, si l'on n'a pas à s'occuper des câbles de transit, il est relativement plus facile de déterminer les besoins d'après les cartes sur lesquelles on a porté les chiffres touchant le développement prévu pour les circuits urbains.

b) Câbles. — En raison des dépenses élevées entraînées par la construction des canalisations et de la part, relativement élevée par rapport aux frais totaux, qui incombe à l'enveloppe des câbles, les ingénieurs de l'administration et les fabricants de câbles se sont toujours efforcés de réaliser des câbles qui, sous un diamètre donné, puissent contenir un nombre de plus en plus grand de conducteurs. Les efforts des techniciens ont été couronnés d'un grand succès.

Dans les premiers temps où l'office britannique utilisa des câbles

souterrains pour les lignes d'abonnés, le plus grand nombre de paires pouvant être enfermées dans un câble de 2 pouces $\frac{3}{4}$ de diamètre extérieur était de 217, chaque fil d'une paire pesant 20 livres par mile. Actuellement, on fabrique des câbles de même diamètre contenant 542 paires, constituées par des conducteurs de 20 livres, et qui ont approximativement la même efficacité de transmission que les anciens. En outre, grâce aux perfectionnements apportés dans les procédés de fabrication et en employant le papier comme isolant, il est possible de réaliser, avec des conducteurs de 10 livres, des câbles sous plomb de même diamètre contenant jusqu'à 1.100 paires. Ces chiffres ne constituent pas des limites extrêmes, tant en ce qui concerne la légèreté du conducteur qu'en ce qui concerne le nombre de paires pouvant être rassemblées dans un même câble. On fait un très grand usage, en Grande-Bretagne, de câbles contenant des conducteurs du poids de 6 livres $\frac{1}{2}$ par mile et, en Amérique, de câbles contenant 1818 paires de conducteurs du calibre n° 26 A.W.G., c'est-à-dire pesant approximativement 4 livres par mile. Les fils sont isolés avec des rubans de papier larges de $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{2}$ pouce et épais de $\frac{7}{4}$ de millième de pouce. Quand on songe que chaque paire doit satisfaire dans d'étroites limites aux spécifications touchant les qualités électriques, la résistance d'isolement et la capacité mutuelle, il est impossible de ne pas accorder un tribut d'admiration aux ingénieurs qui ont réalisé les diverses machines employées dans la fabrication des câbles.

Les progrès faits dans ce domaine ont entraîné une réduction considérable du prix de revient par circuit de la construction d'un réseau. Il est probable qu'on perfectionnera encore la fabrication ; mais, vu les difficultés pour exécuter les épissures et vu le peu de longueur du circuit qu'on peut constituer avec de tels conducteurs, il est douteux qu'on puisse retirer de ces progrès de nouveaux avantages économiques.

Le nombre de paires de conducteurs d'un certain poids par mile pouvant être logées dans une conduite dépend de la manière dont les paires sont assemblées en câbles, c'est-à-dire qu'un seul câble, ayant le diamètre maximum lui permettant de pouvoir

être logé dans une conduite donnée, contiendra un nombre de paires plus grand que n'en contiendraient ensemble tous les câbles plus petits pouvant être groupés dans une conduite de même diamètre. Par exemple, le nombre de paires pouvant être contenues dans une conduite normale est de 1100 si les conducteurs pèsent chacun 10 livres par mile et sont compris dans un seul et même câble. Si, au lieu de poser un câble de grand diamètre, on doit poser un certain nombre de câbles plus petits, contenant 15 paires chacun, par exemple, le nombre maximum de paires de conducteurs semblables aux premiers pouvant être logées dans une conduite de même diamètre que la conduite considérée dans l'exemple précédent est approximativement de 225.

En raison des grandes dépenses nécessitées par l'installation de canalisations, spécialement sous les chaussées du type le plus fréquemment rencontré, il est désirable d'utiliser le mieux possible toute la place qu'offre la canalisation. Comme on vient de le dire, on atteindra ce résultat en posant dans la conduite le câble le plus gros qui puisse y être logé. L'installation d'un câble de grande capacité peut impliquer pour un grand nombre d'années des charges annuelles portant sur des paires en excédent des besoins immédiats. Une partie considérable de ces charges annuelles pourrait peut-être être évitée par l'emploi de câbles plus petits, qu'on installerait au fur et à mesure des besoins. Il est donc nécessaire de mettre dans la balance l'économie réalisée sur les canalisations pourvues tout de suite de gros câbles et les pertes résultant du fait qu'on installe des circuits quelques années avant qu'on n'ait besoin de s'en servir.

En faisant les calculs pour déterminer la période pour laquelle il est économique d'installer d'avance des circuits, on ne doit pas oublier que le prix de revient par conducteur pour le câblage et le raccordement est moins élevé pour les gros câbles que pour les petits, ni que la remise à plus tard des installations peut impliquer de lourdes charges pour aménager convenablement les artères existantes quand on installe des câbles supplémentaires ou quand on remplace de petits câbles par un câble de plus grande capacité. L'importance de ces charges dépend du taux d'accroissement du

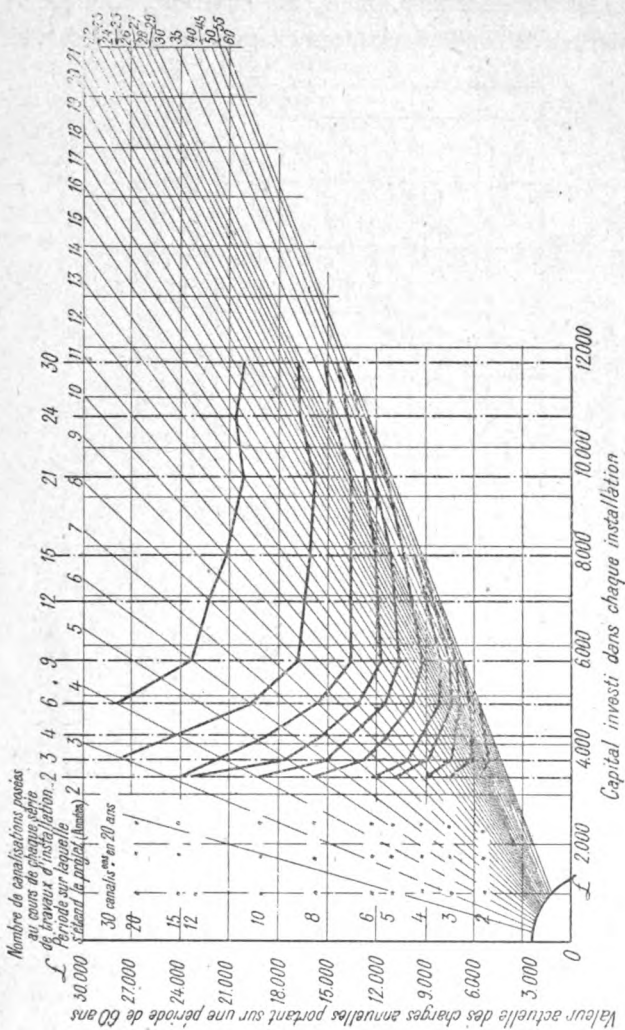


Fig. 12. — Etude économique d'un projet d'installation de canalisations.

Type d'installation : conduites ;
 Dépense pour l'entretien de la voirie : 50 shillings ;
 Durée de service de l'installation : 60 ans ;
 Taux de l'intérêt : 5 %.

nombre des abonnés et de l'importance des installations faites en une fois. Les ingénieurs des téléphones attachent une très grande importance à ces frais d'aménagement, parce qu'un câble téléphonique ne contient pas un petit nombre de gros conducteurs pouvant être traités comme un ensemble, mais, au contraire, comprend un très grand nombre de conducteurs dont chaque paire est réservée

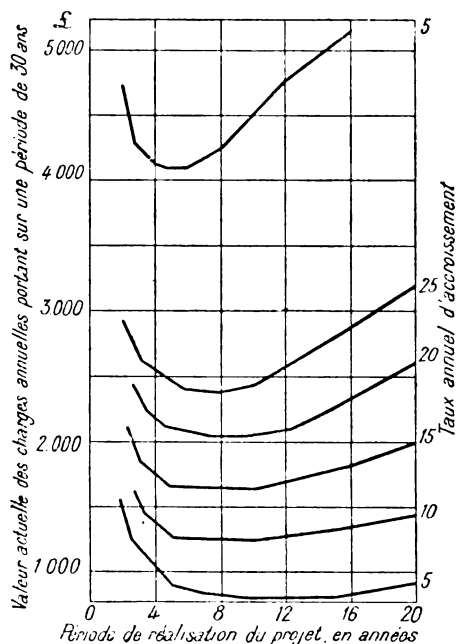


Fig. 13. — Période optimum pour la réalisation d'un projet d'installation de câbles avec conducteurs de 6 livres 1/2, en ne tenant pas compte des frais d'aménagement des câbles.

à une conversation et constitue une voie que l'on doit traiter séparément et avec le plus grand soin si l'on veut échapper aux interférences entre paires voisines.

Il est impossible de fixer une période d'exécution d'un projet d'extension qui soit applicable à tous les types de câbles et à toutes les circonscriptions; mais, en se servant des données connues, relatives à une circonscription particulière, il est possible de construire des graphiques montrant quelle est, pour cette circonscription, la période la plus économique.

On prépare d'abord un graphique destiné à montrer la relation entre la valeur actuelle des charges annuelles concernant les câbles et la valeur du capital se rapportant à chaque série d'installations. Ce graphique se présente généralement sous la forme indiquée sur la figure 12. Sur des copies tirées de ce graphique, on trace les courbes représentant les prix de revient de chaque installation

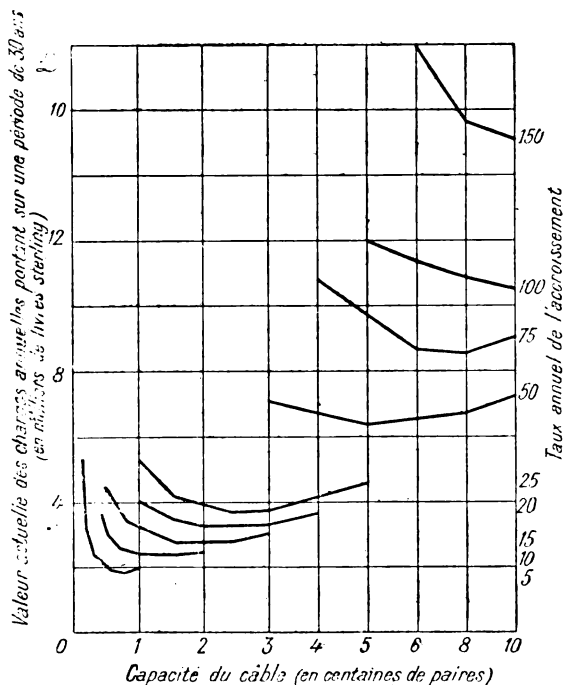


Fig. 14. — Prix de revient d'une installation de câbles avec conducteurs de 6 livres 1/2, devant satisfaire à des besoins croissant suivant des taux annuels différents (y compris les frais de canalisations et d'aménagement du réseau).

qui sera requise pour différentes périodes d'exécution du plan. On obtient alors une série de graphiques semblables à ceux de la figure 13 et d'où l'on tire la période optimum pour l'exécution du projet, pour le cas considéré.

Dans les cas où une canalisation servira pendant toute la période qu'embrasse le projet de pose de câbles, soit qu'un gros câble doive y être tiré immédiatement, soit qu'on procède à des

poses successives de câbles plus petits, il n'est pas nécessaire de s'occuper du prix de la canalisation ; mais, si l'adoption du second mode de procéder implique la construction de canalisations supplémentaires, on devra tenir compte des dépenses supplémentaires qui en résulteront et de la date à laquelle elles seront effectuées. La figure 14 montre, en tenant compte des frais de canalisations supplémentaires, quelle est la capacité des câbles la plus économique pour différents taux d'accroissement.

c) *Installations aériennes.* — Au point de vue économique, la caractéristique essentielle des lignes aériennes est qu'elles permettent d'obtenir une transmission d'une certaine qualité à un prix bien moins élevé que dans le cas de lignes souterraines, surtout quand le nombre des circuits est faible :

Cela est dû à trois causes principales :

1° Les conducteurs aériens ont une meilleure qualité de transmission que les conducteurs souterrains de même calibre ;

2° Les lignes aériennes exigent du matériel et des méthodes de construction moins coûteux ;

3° Les circuits peuvent être posés au fur et à mesure des besoins, au lieu d'être installés par groupes comme c'est le cas dans un câble.

Dans le cas d'un réseau urbain, un autre avantage réside dans la facilité avec laquelle on peut amener un circuit aérien d'un immeuble à un autre quand un abonné déménage d'un local et quand le nouvel occupant ne désire pas s'abonner.

Il ne serait cependant pas économique de poser des fils aériens dans tous les cas, même si l'on pouvait disposer facilement de commodités pour leur installation. Si l'on a besoin d'un grand nombre de circuits à grande distance en supplément, il vaudra probablement mieux poser un câble souterrain. Les progrès réalisés dans la fabrication des câbles et les méthodes de raccordement ainsi que dans l'application des relais amplificateurs, progrès dont nous avons déjà parlé, rendent possible et parfois même économique l'emploi de conducteurs souterrains pour réaliser des circuits qu'on ne pouvait établir auparavant qu'en utilisant des conducteurs aériens.

Dans les circonscriptions de grande densité téléphonique, la longueur des circuits d'abonnés est comprise dans la marge de transmission des conducteurs légers en câbles souterrains sans nécessiter des bobines de charge ou des amplificateurs ; et, comme un câble peut renfermer un grand nombre de conducteurs, le prix de revient par conducteur souterrain peut être inférieur à celui des fils aériens.

Dans le cas des artères desservant des abonnés dont le nombre croît très peu et lentement, il est encore plus économique d'installer des fils nus que des câbles, même en ne tenant pas compte des commodités qu'offrent les premiers pour réorganiser la distribution des lignes de service. On peut illustrer cette assertion en considérant le cas d'une voie suburbaine dont la chaussée est d'un prix de revient moyen et dont on présume que les abonnés installés le long de cette voie atteindront dans vingt ans le nombre de 10. La valeur actuelle des installations de circuits réalisées selon le type le meilleur marché de construction souterraine est égale à 1,6 fois celle des installations aériennes de même importance, et, en outre, l'efficacité de transmission des circuits aériens serait près de 6 fois meilleure que celle des circuits souterrains. Si la distance entre le bureau et les postes des abonnés est telle que le type bon marché de circuits souterrains envisagé dans l'évaluation précédente ne permettrait pas d'atteindre la qualité de transmission requise et exigerait donc l'emploi de conducteurs plus lourds, le rapport du prix de revient des installations souterraines à celui des installations aériennes serait encore plus élevé. Le fil le plus léger satisfaisant encore aux conditions de sécurité exigées pour l'érection de lignes aériennes est fait d'un alliage cuivre-cadmium et pèse 40 livres par mile. Il a une efficacité de transmission de la parole égale à celle d'un conducteur souterrain non-chargé pesant 200 livres par mile. Dans la comparaison précédente, les conditions étaient supposées telles, qu'on pourrait employer un câble avec des conducteurs de 6 livres 1/2.

Une étude d'un grand nombre de cas se présentant dans diverses conditions montre que, là où l'accroissement présumé ne dépasse pas le taux moyen de 0,75 circuit par an pendant la période

de vingt ans, il est en général plus économique d'installer des circuits aériens que des circuits souterrains. Si le taux d'accroissement excède ce chiffre et s'il y a déjà des abonnés à desservir, il peut être plus économique d'installer des circuits souterrains ; mais cela dépendra des charges imposées par la réfection de la chaussée. En cas de doute sur la meilleure économie de l'une ou l'autre des deux catégories d'installations et dans toutes les circonstances où des tiers offrent de supporter tous les frais ou une partie des frais d'ouverture et de réfection des chaussées, on prépare un rapport financier destiné à montrer les dépenses qui résulteraient de chacune des méthodes entre lesquelles on doit choisir. Toutes les dépenses sont ramenées sur la base de leur valeur actuelle, afin de pouvoir supputer toute économie pouvant être réalisée du fait que l'adoption d'une méthode particulière permettrait de différer l'exécution d'une partie des installations projetées. A cette fin, on doit se livrer à un grand nombre de calculs ; mais on pourra réduire le travail de recherches en employant des graphiques et des méthodes simplifiées du genre déjà décrit.

Un projet susceptible d'être adopté pour l'installation d'une artère en fils aériens pour lignes urbaines d'abonnés consiste à ériger des appuis desservis chacun par un câble souterrain. Le câble est amené en un point voisin du sommet d'un appui, et c'est là que se font les raccords avec les fils nus desservant les postes d'abonnés.

On utilise à cette fin trois types d'appuis, dits type léger, type moyen, type fort. Les deux premiers sont principalement utilisés pour supporter des circuits d'abonnés à l'intérieur des agglomérations.

La capacité maximum d'une ligne sur appuis légers dans des conditions de sécurité convenables est de 12 paires de fils de 40 livres avec des portées de 65 yards. Avec des appuis moyens, la ligne supportera 25 paires de fils de 40 livres. Si la portée est plus grande ou si l'emplacement est exposé au vent, la capacité sera moindre, évidemment. Comme, dans toutes les circonscriptons, sauf celles qui sont très denses, la liaison par fil nu est plus économique que la distribution souterraine, les ingénieurs s'efforcent naturellement d'obtenir toutes les facilités possibles pour l'érection des appuis. Les autorités locales accordent de plus en plus diffi-

lement l'autorisation de poser des appuis sur la voie publique, même quand il ne s'agit que d'appuis des types léger ou moyen. Une autre solution possible consiste à utiliser les propriétés privées, et c'est celle-là qu'on adopte fréquemment ; mais les emplacements accordés (souvent des jardins situés derrière les maisons) rendent nécessaire l'emploi d'appuis de hauteur considérable pour que les fils de distribution puissent passer au dessus des toits des maisons environnantes. De tels appuis exigent, pour avoir la stabilité mécanique nécessaire, un haubannage sérieux, d'où un supplément de servitudes précaires. Pour relier les appuis au câble souterrain situé sous un passage public, il est généralement nécessaire de poser une conduite et un câble sur une propriété privée. Non seulement les propriétaires exigent parfois des redevances annuelles exorbitantes, mais la durée des servitudes peut être limitée, et, comme il peut y avoir impossibilité d'obtenir une servitude pour créer une autre artère conduisant à un point où peuvent exister des paires de réserve vers le bureau, cet état de choses peut entraîner une suspension temporaire de service, en même temps que de grandes dépenses pour l'installation d'un nouveau câble principal.

Câbles aériens. — Dans certaines circonstances, on trouve un avantage à installer des circuits enfermés dans des câbles aériens, de préférence à des circuits en fil nu ou à des circuits en câbles souterrains. Cet avantage dépend des conditions locales. En Grande-Bretagne, l'usage de câbles aériens n'est pas très répandu, car on a trouvé en général que, si le nombre des circuits dont on a besoin excède la capacité portante d'une ligne sur appuis avec fils nus, il est économique de créer une artère souterraine. Un cas typique, pour lequel l'emploi d'un câble aérien peut être avantageux, est celui d'une artère composée de fils nus, construite pour relier les quelques abonnés d'un village à une ville voisine possédant le bureau central téléphonique. S'il se produit un accroissement soudain du nombre de ces abonnés et s'il est à présumer que cet accroissement ne se poursuivra pas dans les années suivantes, on peut éviter ou différer le remplacement des appuis actuels par des poteaux de bois plus gros ou de la ligne aérienne par une artère souterraine,

en ajoutant un câble aérien à la ligne aérienne existante. Dans des cas semblables, il est généralement nécessaire de renforcer la solidité de la ligne par l'adjonction de haubans et, au besoin, de poteaux supplémentaires, placés en quelques points judicieusement choisis. Ce sont là des cas spéciaux au sujet desquels on ne peut donner de règle générale et qui demandent toujours, au point de vue économique, une étude particulière.

On utilise également les câbles aériens pour la traversée de régions forestières où il serait difficile et coûteux de pratiquer une clairière propice au maintien en bon état d'une ligne en fils nus. On les emploie aussi quand on doit amener un petit nombre de fils d'un appui jusqu'à un central téléphonique et lorsqu'il serait beaucoup plus cher d'atteindre le même but à l'aide d'une installation souterraine, ou lorsqu'on présume que le bureau devra, dans un avenir prochain, être transféré sur un autre emplacement.

Si l'on construit des lignes sur poteaux spécialement pour porter un câble aérien, on doit limiter les portées à 40 yards et haubanner solidement les poteaux pour résister aux efforts transversaux. On installe également, à des intervalles d'un demi-mile, des haubans ou des jambes de force destinés à protéger la ligne contre les efforts longitudinaux.

Quand il s'agit de câbles aériens de petit diamètre, on se sert, pour leur suspension, de deux fils d'acier du calibre correspondant à un poids de 190 livres par mile. Pour suspendre les câbles de gros diamètre, on se sert de torons de fils d'acier.

Les câbles aériens sont constitués d'après les mêmes types que les câbles souterrains ; mais leur enveloppe contient 1 % d'antimoine, car on a constaté que cet alliage résiste mieux aux intempéries que le plomb pur.

MÉTHODES EMPLOYÉES

POUR OBTENIR DE LA SOUPLESSE DANS LE GROUPEMENT ET LA DISTRIBUTION DES CIRCUITS.

Tout ingénieur chargé d'un projet d'installations d'un réseau de distribution, qu'il s'agisse d'électricité, de gaz ou d'eau, cherche

à résoudre le problème consistant à desservir les consommateurs avec un minimum de dépense moyenne pour les installations. Il est probable que l'ingénieur des téléphones trouve ce problème encore plus difficile que ses collègues des autres industries, en raison de ce fait qu'il n'y a qu'en téléphonie qu'il soit nécessaire de disposer d'une voie absolument distincte entre le domicile de chaque abonné et la centrale de distribution.

En téléphonie, le problème peut être posé ainsi : Si l'on installe des circuits aboutissant au bureau en nombre suffisant pour être sûr que tout nouvel abonné, quel que soit son domicile, pourra trouver une paire de fils disponible dès qu'il en aura fait la demande, il est certain qu'un grand nombre de circuits resteront plus ou moins longtemps sans emploi, et il en résultera un gain manqué. D'autre part, si l'on installe des circuits en nombre minimum pour satisfaire aux besoins du nombre d'abonnés prévu pour une certaine période et que, à une certaine époque, la distribution de ces nouveaux abonnés ne réponde plus aux conditions qui avaient été prévues au moment où l'on exécuta les installations, il peut en résulter des dépenses considérables pour réorganiser les installations en vue de les adapter aux conditions actuelles. La permutation des fils dans un manchon de raccordement n'est pas désirable, non seulement à cause du trouble apporté sur les lignes en service, mais aussi parce que les conducteurs sous papier se détériorent rapidement si on les soumet à des manipulations répétées.

Il n'est donc pas surprenant que toutes les administrations téléphoniques aient apporté la plus grande attention au problème de la souplesse d'un réseau et qu'elles aient, à cette fin, essayé un grand nombre de méthodes. De toutes les méthodes essayées jusqu'à ce jour, aucune ne s'est révélée comme convenant dans toutes les circonstances. Une méthode, favorable dans un pays, peut ne pas se montrer aussi satisfaisante dans un autre, où les conditions sont différentes, de même que la méthode jugée la meilleure pour une grande cité ne convient nullement pour une petite ville de la même région.

Il y a deux méthodes bien définies pour traiter le problème,

et d'autres méthodes qui combinent à des degrés plus ou moins différents les caractéristiques de ces deux premières méthodes.

L'une de ces méthodes a été décrite à fond par M. E.S. Byng dans un article intitulé *Telephone work in the United States*, qu'a publié le *Journal of the Institution of electrical engineers* (1). En quelques mots, elle consiste à raccorder chaque paire d'un câble à grande capacité à plusieurs paires, contenues dans deux ou plus de deux câbles de division, de manière que les paires du gros câble puissent être mises en service en des points de distribution facultatifs. En appliquant cette méthode, il est possible d'obtenir un grand rendement sur les paires du câble principal au voisinage du bureau, aux dépens d'un rendement inférieur sur les câbles secondaires. Ladite méthode tend également à maintenir à un montant minimum les frais de regroupement des circuits. Elle est très employée aux Etats-Unis et dans quelques autres pays, et, à l'heure actuelle, on en fait des essais en Grande-Bretagne après y avoir apporté quelques modifications.

La seconde méthode consiste à choisir des points où convergeront le câble principal et les câbles de distribution et à installer en ces points les moyens voulus pour pouvoir répartir les paires du câble principal entre les divers câbles secondaires avec le minimum de troubles pour les paires en service. On a appliqué ce système pendant quelque temps dans certains réseaux de Grande-Bretagne, où il a donné satisfaction.

Nous avons déjà dit que la période pour laquelle il est économique de tracer un projet d'avance est déterminée par le nombre de fils qu'il est nécessaire d'installer. Si ce nombre est grand, la période est courte ; et si l'accroissement est faible, la période embrassée par le projet est plus longue. Il s'ensuit, par conséquent, que le nombre total des fils, dans les câbles de division d'une artère bien conçue, est supérieur au nombre de fils contenus dans le câble principal, car les câbles de division desservent les parties les moins denses de la circonscription et ont été posés en vue de suffire aux besoins pour une période plus longue. Chacun des câbles de divi-

1. *Journal I. E. E.*, 1922, p. 85.

sion ou de distribution est amené en un point de distribution. Dans le système qui va être décrit maintenant, environ 75 % des paires renfermées dans le câble principal sont connectées dans la pièce de division avec les paires aboutissant aux points de distribution. Le reste des paires, aussi bien dans le câble principal que dans les câbles de distribution, sont amenées de la pièce de division à un

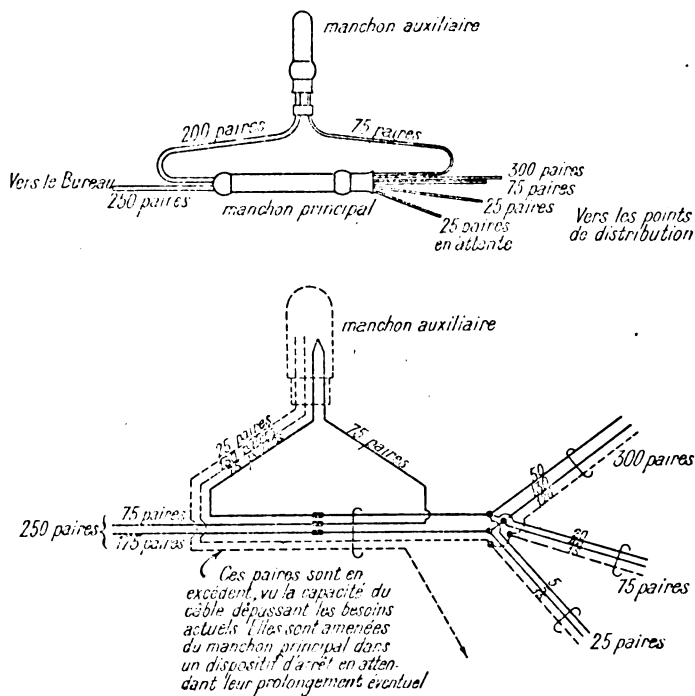


Fig. 15. — Disposition du manchon auxiliaire.

manchon auxiliaire, où les paires principales sont connectées aux paires des câbles de distribution au prorata du développement présumé des points de distribution. Les paires en excès dans les câbles de distribution sont laissées isolées dans le manchon auxiliaire.

On dresse un tableau où figurent les prévisions originelles et la façon dont les paires ont été raccordées. On enregistre périodiquement sur ce tableau l'accroissement effectif du réseau. Il peut

être constaté, bien que les prévisions aient été judicieusement établies pour un groupe de points de distribution, que l'accroissement relatif à certains de ces points dépasse de beaucoup les prévisions, tandis qu'en d'autres points l'accroissement effectif est inférieur à celui qu'on avait escompté, et que, par suite, il est nécessaire de procéder à une nouvelle répartition. Avant d'ouvrir le manchon auxiliaire pour redistribuer les paires, on étudie le tableau des liaisons, de manière à effectuer au mieux la nouvelle répartition. La figure 15 illustre le principe de la méthode.

Dans les circoncriptions de faible densité téléphonique, il est parfois avantageux de relier les uns aux autres les points de distribution, de manière que, lorsqu'on a mis en service toutes les paires disponibles reliant directement un point de distribution au bureau, il soit possible d'utiliser des paires en réserve à un autre point de distribution où les besoins n'ont pas encore atteint le développement prévu. Cela implique la pose d'un complément de circuits, dont une partie sera forcément inemployée ; mais cela permet d'obtenir un meilleur rendement des paires du câble principal et de différer la date à laquelle on sera tenu d'augmenter le nombre des câbles principaux.

Dans certains pays, les câbles principaux et les câbles de distribution sont introduits dans les bureaux mêmes en des points convenables, d'où on les amène aux répartiteurs. Cette méthode est usitée en Grande-Bretagne dans quelques cas spéciaux ; mais il ne convient pas de la généraliser, à cause des difficultés rencontrées pour obtenir des emplacements satisfaisants et des contrats de longue durée pour l'occupation des lieux ainsi que pour réaliser des installations remplissant de bonnes conditions d'isolement.

Party-lines. — En vue de favoriser l'extension du service téléphonique dans les districts ruraux, l'administration fournit des lignes à tarif réduit aux personnes qui consentent à utiliser en commun une même ligne principale. L'administration supporte en effet, dans ce cas, moins de frais pour les installations extérieures et les appareils, puisque les appareils desservant au bureau les abonnés d'une ligne partagée, de même que la partie de la ligne

allant du bureau au point de bifurcation, sont communs à tous les abonnés de ladite ligne. Chaque abonné possède un poste distinct. Il est nécessaire d'établir, de son domicile à la ligne principale sur poteaux, un branchement spécial. En raison de ceci, ainsi que du fait que les co-participants à une ligne partagée sont généralement domiciliés dans des régions où les abonnés sont très dispersés, le prix de revient pour assurer le service d'une ligne partagée est supérieur à celui que l'on pourrait supposer à première vue.

ENTRÉES DE POSTES AU DOMICILE DES ABONNÉS.

Les circuits peuvent être amenés du câble principal au domicile des abonnés par fils souterrains ou par fils aériens. La méthode à adopter est déterminée par l'étude économique générale touchant la manière de desservir la circonscription téléphonique dont on s'occupe.

On réalise presque invariablement une installation souterraine quand il faut, pour un même immeuble, plusieurs paires de fils. S'il n'existe pas déjà une chambre en surface à l'extérieur de l'immeuble, il est nécessaire de couper la conduite et d'en construire une. Une longueur de conduite de dimensions convenables est introduite dans l'immeuble ; on coupe le câble sous caniveau et l'on connecte un nombre suffisant de paires au câble de service. Ce dernier est du type à conducteurs sous papier et à enveloppe de plomb, et son extrémité du côté des appartements est connecté à un court tronçon de câble sous soie et coton et enveloppe de plomb, que l'on bouche avec de la cire d'abeille pour empêcher l'humidité de pénétrer dans le câble sous papier. Les fils se terminent à une boîte de distribution, consistant en une boîte de bois munie de bornes métalliques auxquelles on fixe les divers fils venant de l'extérieur, en ayant soin de les numéroter.

Si l'on doit amener du câble souterrain un seul circuit, on peut placer une boîte de dérivation en fonte au dessus de la conduite de distribution coupée et poser sur l'immeuble un tuyau de fer forgé d'une certaine longueur. On relie une paire de fils, isolés au

papier et sous plomb, du câble de distribution à un point situé à l'intérieur de l'immeuble, où les fils aboutissant dans un petit dispositif scellé avec du compound. Le raccordement entre la boîte de distribution ou le dispositif terminal et les appareils se fait généralement avec du fil émaillé recouvert d'une tresse ignifugée. Si les locaux sont humides, on fait le raccordement avec une paire sous plomb.

Si les fils d'entrée de poste sont installés sous des surfaces où il existe peu de risques de détérioration, on peut se dispenser de les faire passer dans une conduite, et il suffit d'employer un câble protégé, posé directement dans le sol.

Quand on réalise une entrée de poste avec des fils nus venant d'un poteau de distribution, ces fils sont reliés à des isolateurs fixés à des consoles scellées dans le mur de l'immeuble. Les consoles appartiennent à de nombreux types, adaptés à des conditions variées d'installation. Les isolateurs possèdent une cavité dans laquelle se fait le raccord entre les fils nus et le câble à une paire sous plomb. Le raccord achevé, on emplit la cavité avec une composition spéciale non siccatrice et ne se contractant pas, et on la recouvre d'une calotte de porcelaine. Le câble sous plomb est amené à l'intérieur de la maison sur un petit dispositif contenant un paratonnerre. S'il existe des dangers de contact avec des fils du réseau d'éclairage, on complète l'installation par l'adjonction de bobines thermiques et de fusibles. Le câblage d'intérieur allant aux appareils est relié aux fils venant de l'extérieur au point où est installé le paratonnerre.

En ce qui concerne l'entrée de poste proprement dite, il n'y a pas de grande différence entre les prix de revient respectifs des installations aériennes et souterraines ; mais, si l'on fait entrer en ligne de compte le coût d'une boîte de surface supplémentaire et du raccordement au câble de distribution, la balance penche en faveur de l'installation aérienne. Un autre avantage du système aérien, c'est qu'on peut récupérer une plus grande partie du matériel employé et qu'on peut utiliser facilement les fils principaux pour desservir un autre abonné quand l'abonné primitif change de domicile et quand son successeur dans les mêmes locaux ne désire pas conserver l'usage du poste téléphonique.

CABLAGE A L'INTÉRIEUR DES IMMEUBLES
EN PRÉVISION DES BESOINS FUTURS.

Une des caractéristiques qui différencient le téléphone des autres services d'utilité publique (distribution d'eau, de gaz, d'électricité), en Angleterre du moins, réside dans ce fait que les installations au domicile des abonnés sont presque toujours la propriété de l'administration. A part quelques cas exceptionnels, il est préférable, en raison de la nature du service rendu, que l'administration fournisse, établisse et entretienne les installations des abonnés. Quand un abonné est relié à un bureau public, il peut se mettre en relations avec tous les autres abonnés reliés au réseau et, si son propre circuit est inefficace, tous les autres abonnés qui auront à s'entretenir avec lui en souffriront. Les troubles de service causés par des lignes et appareils inefficaces, quand ils ne sont pas dus à des dérangements électriques bien définis, sont très difficiles à localiser, car les abonnés qui se plaignent de la faiblesse de l'audition ne signalent pas, soit volontairement, soit par oubli, que le défaut ne se manifeste seulement que lorsqu'ils conversent avec tel ou tel abonné particulier. En ne mettant en service que des appareils de types unifiés, de caractéristiques connus, connectés à des lignes conçues pour s'adapter à ces appareils, on réduit au minimum les perturbations dont nous venons de parler. Bien que le câblage à installer au domicile des abonnés n'ait pas autant d'importance que les appareils, il est nécessaire néanmoins qu'il soit exécuté convenablement si l'on veut obtenir une bonne qualité de la transmission. Quand on n'a affaire qu'à un seul poste principal, la question du câblage intérieur est des plus simples ; mais, si l'on y adjoint des postes supplémentaires, le câblage entre les appareils respectifs peut offrir des difficultés aux monteurs non familiarisés avec les différents types d'appareils, lesquels sont installés pour satisfaire à des conditions différentes.

On doit traiter d'une façon spéciale les immeubles dans lesquels on présume qu'il y aura tôt ou tard un grand nombre de postes, et, comme pour l'éclairage et la distribution d'énergie, il

faut adopter à l'origine un plan défini de câblage. Ici encore, le plan est rendu plus complexe par la nécessité d'établir pour chaque appareil un circuit distinct. Certains de ces circuits devront servir à relier directement l'immeuble au bureau central, et d'autres serviront à l'échange des conversations entre postes situés à l'intérieur de l'immeuble.

Il ne serait pas difficile de faire un plan convenable si l'on pouvait établir une relation définie entre la superficie des étages et le nombre de postes qu'il faudra probablement installer. On doit s'efforcer de déterminer cette relation ; mais on ne peut obtenir qu'une approximation des plus générales, du fait que les personnes habitant l'immeuble s'occupent d'affaires de nature différente, ce qui les oblige à faire du téléphone un usage plus ou moins étendu. Il n'est pas rare de trouver des bureaux dont le premier occupant se contentait d'un seul poste téléphonique et où, plus tard, un nouvel occupant, succédant au premier dans les mêmes locaux, demande qu'on y installe six ou huit postes nouveaux. Il est bon, par conséquent, de pouvoir disposer d'une réserve de circuits intérieurs pour satisfaire à des besoins subits de ce genre, sans que toutefois on soit conduit à faire des dépenses exagérées. Les dépenses nécessitées par les installations de fils téléphoniques à l'intérieur des grands immeubles sont assez lourdes et, si l'on exécute ces installations sur une trop grande échelle, on risque d'immobiliser un capital improductif, assez élevé. D'autre part, si le câblage est insuffisant, il en résultera un retard dans l'installation de nouveaux postes, des ennuis pour réorganiser des installations anciennes, et des dépenses nouvelles.

Avant d'installer, dans un immeuble neuf, les fils nécessaires aux diverses connexions téléphoniques, il faut se renseigner avec soin sur l'usage auquel l'immeuble est destiné. S'il doit être exclusivement occupé par une seule et même firme, par exemple une banque, une compagnie d'assurances, un grand magasin, il faut se mettre en relations avec les directeurs de la firme et tâcher d'obtenir d'eux une estimation aussi précise que possible de leurs besoins probables. Si l'immeuble doit être loué à plusieurs locataires et comprend des bureaux à pièce unique ou des bureaux

comportant plusieurs pièces, ou si les divers locataires s'occupent d'affaires de nature différente (exploitation de magasins de détail, bureaux et offices), on se renseignera sur le montant des loyers et sur la catégorie dans laquelle on peut classer les divers occupants suivant l'importance des affaires qu'ils ont l'habitude de traiter. Dans beaucoup de cas, on ne recueille à ce sujet que de maigres renseignements, et il est alors préférable de baser ses pronostics sur l'exemple d'un immeuble similaire voisin dont les installations sembleraient avoir atteint leur plein épanouissement.

Si l'immeuble est suffisamment grand pour qu'il y ait intérêt à consulter les architectes, on demandera à ces derniers des copies des plans des étages, et, à l'aide de ces plans, on préparera des prévisions touchant le nombre de postes téléphoniques à prévoir dans les diverses parties de l'immeuble, prévisions qui seront établies à suite d'une étude dont les directives sont semblables à celles qui ont été indiquées à propos de la confection du plan par rues. Ce travail montrera le nombre des lignes de réseau nécessaires dans vingt ans à chaque étage, le nombre des lignes intérieures et le nombre des lignes complémentaires, nécessaires pour pouvoir disposer d'un certain degré de souplesse dans les installations si le développement téléphonique d'un étage venait à s'écarter des prévisions primitivement établies.

Si l'on doit installer dans l'immeuble un bureau privé, c'est-à-dire un bureau auquel sont rattachés un certain nombre de postes supplémentaires pour le service d'un même particulier, l'ingénieur prépare une étude financière pour déterminer s'il sera plus économique d'amener le courant nécessaire du bureau central public que d'installer sur les lieux mêmes des batteries de piles ou d'accumulateurs avec tout l'équipement nécessaire pour leur recharge. Dans le cas où il constate nettement qu'il est plus économique d'amener le courant du bureau central au moyen de conducteurs pour lignes d'énergie, l'ingénieur ajoute l'indication du nombre de paires requises aux chiffres déjà indiqués par le service des abonnements. Il prépare ensuite un plan de câblage, comme on en voit un exemple sur la figure 16.

Nous ferons observer qu'on relie directement un certain

nombre de circuits du bureau central de la circonscription à chacun des étages, où ils aboutissent à une boîte de distribution. De chacune de ces boîtes, on amène un certain nombre de circuits complémentaires à une boîte auxiliaire de distribution, fixée en un endroit convenable et facilement accessible. On relie également à cette boîte auxiliaire un certain nombre de circuits venant directement du bureau central. Si le nombre de circuits au réseau requis pour desservir un étage excède le nombre de circuits directs déjà installés, on peut raccorder de nouvelles paires, par l'intermédiaire de la boîte auxiliaire de distribution. On peut aussi, en passant par cette boîte auxiliaire, faire les raccordements nécessaires pour se procurer les circuits dont on aurait besoin pour relier des postes situés à des étages différents. On ne fait pas figurer sur le plan les lignes privées des abonnés.

L'administration s'efforce d'installer les fils téléphoniques dans les immeubles neufs pendant que ces derniers sont en cours de construction, afin d'éviter ainsi les dommages qu'une installation plus tardive risque d'apporter aux murs et plafonds et aux décorations intérieures définitives. Dans ce but, elle demande aux architectes et entrepreneurs de travaux de bâtiment de la prévenir, assez tôt à l'avance, du moment où il sera possible à l'administration d'effectuer les travaux qui lui incombent. On remarquera que, en dehors du câblage à l'intérieur de l'immeuble, il est nécessaire de s'assurer qu'on possède, dans les câbles reliant l'immeuble au central, un nombre suffisant de circuits pour desservir l'immeuble, car les dispositions à prendre dans ce but, le cas échéant, peuvent demander un certain temps. A ce propos, nous dirons que les architectes croient à la nécessité absolue, dans les immeubles, de l'électricité, du gaz et de l'eau et semblent perdre de vue, jusqu'à présent, que le téléphone est devenu, lui aussi, une nécessité pour l'homme d'affaires, et qu'il serait avantageux de poser d'avance, en prévision des besoins croissants, tous les conducteurs téléphoniques convenables.

On traite à peu près de la même manière les immeubles anciens déjà pourvus d'une installation partielle de câblage téléphonique. Le service téléphonique ne date que de quelques années, mais

c'est déjà un enfant vigoureux. A l'origine, beaucoup d'immeubles ne possédaient qu'une ligne, à laquelle vinrent s'ajouter, petit à petit et à des intervalles peut-être peu fréquents, des lignes nouvelles. A l'heure actuelle, on se rend un compte plus exact de l'importance économique et social du téléphone ; aussi se développe-t-il beaucoup plus rapidement que par le passé, et c'est pourquoi il devient nécessaire de réorganiser le câblage intérieur des immeubles déjà anciens et de profiter de cette réorganisation pour se ménager les moyens de satisfaire ultérieurement à des besoins de plus en plus étendus.

CONCLUSION.

On a dû se contenter d'esquisser, dans le présent article, un sujet extrêmement vaste et ardu. C'est l'exposé des moyens pratiques dans les services techniques de l'office britannique pour établir des comparaisons financières entre les divers projets d'extension des installations téléphoniques susceptibles d'être exécutés, et pour trouver des formules et des graphiques types qui permettent de faire ces comparaisons avec un minimum de recherches et de difficultés. On a imaginé également une méthode d'évaluation des dépenses, qui montre le prix de revient de chaque catégorie d'installations et permet ainsi de tenir absolument à jour toutes les données servant à faire les calculs et les graphiques. Il aurait été intéressant de décrire avec plus de détails quelques-unes de ces méthodes ; mais il aurait fallu alors laisser de côté divers éléments d'un intérêt plus général. Nous pensons cependant en avoir dit assez pour que le lecteur ait une idée suffisamment exacte des directives générales suivies par l'administration anglaise pour établir judicieusement les prévisions relatives à l'extension des réseaux ainsi que les projets le plus économiques pour réaliser des installations téléphoniques en état de satisfaire à tous les besoins au fur et à mesure de leur accroissement.

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Stabilisateur de fréquence à quartz (*Bulletin de la S.F.R.*, juin 1929). — La piézo-électricité consiste en une polarisation électrique produite par la compression ou la dilatation des cristaux non conducteurs et dépourvus de centre de symétrie; parmi ces cristaux, le quartz est un des meilleurs.

L'effort mécanique polarise chaque molécule de quartz de la même façon qu'un champ magnétique polarise un morceau de fer : la molécule ne peut libérer l'électricité qui vient ainsi se développer sur ses faces et le cristal constitue ce que certains physiciens appellent un *électret* par analogie avec un aimant ou *magnet*.

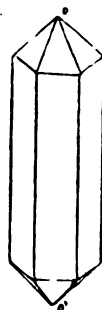


Fig. 1.

Le quartz, ou cristal de roche naturel, est de la silice pure cristallisée. Il se présente sous la forme d'un prisme à section droite hexagonale et dont les bases se terminent suivant des pyramides régulières (fig. 1); les faces de celles-ci sont disposées de façon à déterminer, par leur intersection avec les faces du prisme, une section droite de ce dernier. L'axe $00'$ joignant les deux sommets des pyramides terminales est l'axe optique du cristal. Sur la figure 2, représentant une section du cristal perpendiculaire à l'axe optique, les trois diagonales XX , YY , ZZ ,

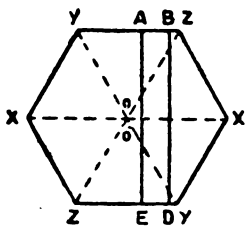


Fig. 2.

s'appellent les *axes électriques*.

Considérons une plaquette de quartz (fig. 3) taillée normalement à l'un des axes électriques et dont la section droite $ABDE$ est représentée sur la figure 2 suivant l'emplacement qu'elle occupait dans le cristal.

Propriétés fondamentales. — Les propriétés de l'échantillon de quartz ainsi obtenu ont été étudiées par Curie et énoncées de la façon suivante :

1° Si l'on comprime le cristal normalement aux faces ABC et

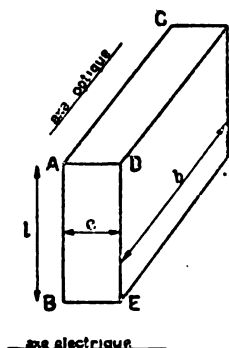


Fig. 3.

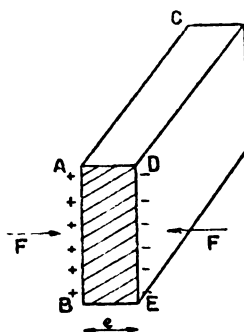


Fig. 4.

DEF (fig. 4), c'est-à-dire si l'on exerce une action mécanique dans le sens de l'axe électrique, on obtient un dégagement d'électricité donné par la formule :

$$Q = KF.$$

La polarisation est parallèle aux efforts F et s'inverse en même temps que ces derniers.

Lorsque la quantité d'électricité est exprimée en unités CGS et la force F en kilogrammes, le coefficient K , appelé *constante piézo-électrique*, est égal à 0,0645 pour un bon cristal.

2° Inversement, si l'on établit une différence de potentiel entre les deux faces ABC et DEF, le quartz se contracte (ou se dilate), suivant l'axe électrique, d'une quantité δ telle que

$$\delta = KV \cdot 10^{-5},$$

K étant la même constante que précédemment et δ étant exprimé en millimètres lorsque V est en U.E.S.; si, par exemple, $V = 450$ volts, soit 1,5 U.E.S., on trouve :

$$\delta = \frac{1}{1.000.000} \text{ de millimètre.}$$

Ces modifications de dimensions du quartz suivant l'axe électrique sont accompagnées d'une dilatation (ou d'une contraction) suivant la direction DE. La dilatation est donnée par la formule :

$$\delta = -K \frac{1}{e} V. 10^{-5}.$$

Aucune modification de dimension n'a lieu suivant l'axe optique.

3° Si l'on comprime ou si l'on dilate le cristal dans la direction de l'axe optique, il n'y a aucun dégagement d'électricité.

4° Si l'on applique une différence de potentiel entre deux faces perpendiculaires à l'axe optique, aucune déformation mécanique ne se manifeste.

5° Si l'on comprime par une force F le cristal dans une direction normale aux axes optique et électrique, c'est-à-dire normalement aux faces ADC et BEF (fig. 5), il y a dégagement électrique sur les faces ABC et DEF, la quantité d'électricité débitée étant donnée par la relation :

$$Q = -K \frac{1}{e} F.$$

En résumé, seul l'axe optique reste invariable. Les autres dimensions du cristal changent.

Oscillations du quartz. — Considérons une lame de quartz taillée comme nous l'avons indiqué ci-dessus, et disposons-la entre deux électrodes perpendiculaires à l'axe électrique.

Supposons maintenant qu'une différence de potentiel soit appliquée entre les deux électrodes. A chaque alternance, le quartz éprouvera une contraction ou une dilatation suivant l'axe électrique, accompagnée d'une dilatation suivant le troisième axe. Les déformations sont extrêmement petites.

Mais les déformations de la lame de quartz peuvent être assimilées à celles des verges envisagées en acoustique.

Dans le cas de la lame de quartz, nous pouvons envisager deux sortes de vibrations : celles qui se produisent parallèlement à l'axe

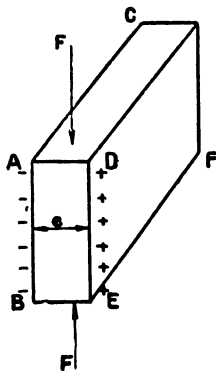


Fig. 5.

électrique, appelées pour ce fait *vibrations longitudinales*, et celles suivant le troisième axe, appelées *vibrations transversales*. A chacune de ces deux espèces de vibrations, correspond une *période propre*, telle qu'il y ait deux ventres de vibration aux extrémités du cristal sur l'axe envisagé et un nœud au centre ; en d'autres termes, le cristal vibre en demi-onde. Il est facile de calculer la fréquence de ces vibrations propres. La vitesse de propagation des déformations mécaniques dans un corps solide est :

$$v = \frac{\sqrt{M}}{d},$$

M étant le module d'élasticité et d la densité.

La densité du quartz pur est de 2,65, son module d'élasticité suivant l'axe électrique est d'environ 8×10^{11} dynes par centimètre carré. La vitesse est donc de $5,5 \times 10^6$ millimètres par seconde, et la longueur d'onde, exprimée en millimètres, d'une vibration de fréquence f en cycles par seconde est :

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{5,5 \times 10^6}{f}.$$

Le cristal vibrant en demi-onde, si l'on désigne par e son épaisseur suivant l'axe électrique, on doit avoir :

$$\lambda = 2e = \frac{5,5 \times 10^6}{f},$$

où $f = \frac{2.750}{e}$ kilocycles par seconde.

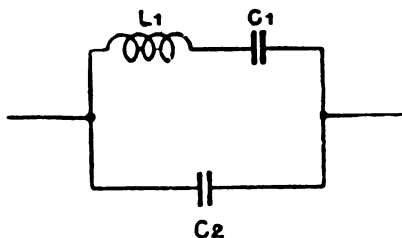


Fig. 6.

Ainsi la fréquence d'une plaque d'un millimètre d'épaisseur sera de 2.750 kilocycles par seconde, ce qui correspond à une longueur d'onde de 110 mètres.

On est ainsi conduit à considérer le quartz comme un résonateur électrique d'amortissement très faible (fig. 6), comprenant une self-inductance L_1 , et une capacité C_1 en séries, dues à l'effet piézo-électrique et qui, pour des vibrations du quartz parallèles à l'axe électrique, sont données par :

$$L_1 = 130 \times 10^6 \frac{e^3}{bl} \text{ microhenrys,}$$

$$C_1 = 0,0022 \times 10^{-6} \frac{bl}{e} \text{ microfarads,}$$

l'ensemble étant shunté par une capacité C_2 , représentant la capacité propre du quartz entre ses armatures, et qui est :

$$C_2 = 0,4 \times 10^{-6} \frac{bl}{e} \text{ microfarads.}$$

Dans ces formules, qui ont été indiquées par Cady, e désigne l'épaisseur du cristal suivant l'axe électrique ; b , la longueur suivant l'axe optique ; l , la dimension suivant le troisième axe (axe piézo-électrique), les longueurs étant exprimées en centimètres.

On remarquera que, des valeurs de L_1 et C_1 on peut déduire la longueur d'onde propre du quartz qui, avec les valeurs indiquées, est :

$$\lambda = 1.884 \sqrt{L_1 C_1} = 1.000 e,$$

c'est-à-dire 100^m, 80 pour un quartz d'un millimètre d'épaisseur, au lieu de 110 mètres indiqué plus haut.

Montage du quartz utilisé comme oscillateur. — Parmi les diffé-

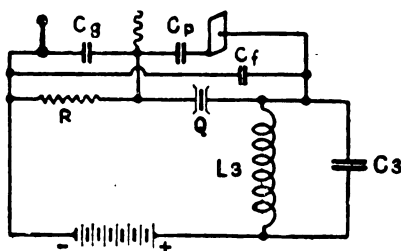


Fig. 7.

rents montages qui permettent d'entretenir des oscillations à l'aide d'un quartz piézo-électrique, l'un des plus stables, à égalité d'énergie obtenue, est celui qui est indiqué sur la figure 7, où le cristal est inter-

calé entre la grille et la plaque d'une lampe comportant un circuit oscillant dans son circuit d'anode. Sur la figure 7, Q représente le cristal ; C_g , C_p , C_f désignent respectivement les capacités internes de la lampe entre filament et grille, plaque et grille, plaque et filament ;

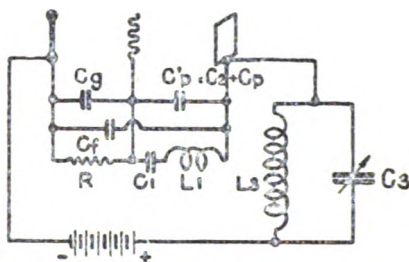


Fig. 8.

L_3 , C_3 , le circuit oscillant d'anode ; R , une résistance permettant de fixer le potentiel de grille par rapport à celui du filament.

La possibilité d'entretien des oscillations par un tel système s'ex-

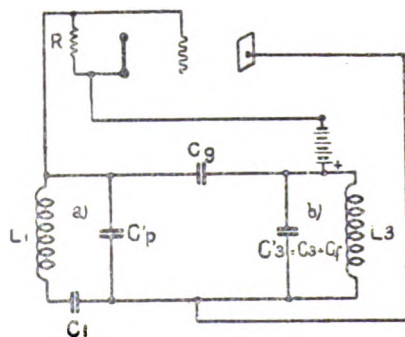


Fig. 9

plique facilement en vertu de ce qui précède. Si, en effet, on remplace le quartz par son circuit électrique équivalent, on obtient le schéma de la figure 8, où la capacité C_p désigne la somme de la capacité interne C_p entre plaque et grille, qui sont en parallèle, et C_3 désigne également la somme des capacités C_3 et C_f .

Le schéma de la figure 8 peut lui-même se représenter suivant celui de la figure 9, qui est conforme au schéma d'une lampe montée

en auto-génération avec deux circuits accordés, disposés respectivement entre grille et plaque et entre plaque et filament, mais dont les constantes L_1 et C_1 du circuit de grille n'apparaissent que lorsque le quartz oscille, c'est-à-dire par l'accord des circuits.

L'entretien des oscillations, qui, par suite, ne peut avoir lieu que pour la fréquence du quartz, est obtenu au moyen du couplage très faible entre ces deux circuits, produit par la capacité interne entre grille et filament de la triode; on démontre que, dans ce cas, le circuit oscillant d'anode doit être réglé avec une capacité légèrement supérieure à celle qui donnerait la résonance avec la fréquence du quartz.

La fréquence des oscillations ainsi obtenues est d'une très grande stabilité, pratiquement indépendante des conditions d'alimentation de la triode, et cette propriété est d'une importance capitale dans l'application du système aux émetteurs à ondes courtes. Dans ce cas, pour des raisons de fragilité des cristaux, on utilise des lamelles de quartz ayant une longueur d'onde propre minimum d'une centaine de mètres environ, qui permettent d'obtenir dans le circuit d'anode de la triode une puissance de l'ordre du watt.

Il est donc évidemment nécessaire, pour établir des émetteurs destinés aux liaisons à grande distance et dont la puissance atteint 15 kilowatts sur des ondes comprises entre 15 et 30 mètres, d'adjoindre au système précédent, constituant l'élément stabilisateur, un ensemble amplificateur de puissance et multiplicateur de fréquence.

INFORMATIONS.

Liaison radiotélégraphique. — On a ouvert, le mois dernier, une liaison radiotélégraphique directe entre la France et la Turquie. Les taxes sont les mêmes que celles de la voie télégraphique ordinaire.

Le câble téléphonique souterrain Paris—Bordeaux.
— Le sous-secrétaire d'Etat des P.T.T. a inauguré le 28 septembre à 11 heures le câble téléphonique souterrain Paris—Bordeaux. Ce câble, d'une longueur de 543 kilomètres, renferme 122 fils de cuivre de 1^{mm},2 de diamètre et 80 fils de 0^{mm},9 de diamètre, permettant, selon leur emploi, l'établissement de communications téléphoniques à moyenne ou à longue distance. Ses caractéristiques sont semblables à celles des câbles qui viennent d'être mis récemment en service. Des stations de relais fonctionnent à Paris, Orléans, Tours, Poitiers, Angoulême et Bordeaux.

Le câble doit permettre non seulement de desservir dans des conditions satisfaisantes les principaux centres situés sur son parcours, c'est-à-dire Orléans, Blois, Tours, Poitiers et Angoulême, mais aussi, par l'intermédiaire des câbles de prolongement Tours-Nantes, Bordeaux-Toulouse et Angoulême-Limoges en cours de construction, toute la partie de l'ouest et du sud-ouest de la France.

Les dépenses totales engagées pour l'établissement de ce câble sont de l'ordre de 190 millions de francs.

Téléphonie transatlantique. — Depuis le mois de septembre, les communications téléphoniques avec l'Amérique du nord (Canada, Etats-Unis, Mexique, Cuba), qui n'étaient jusqu'alors admises que pendant certaines heures, le sont en permanence (de jour et de nuit).

Extraits du rapport d'exploitation de l'administration des postes des Etats-Unis d'Amérique pour l'année budgétaire 1928 (1^{er} juillet 1927—30 juin 1928). — L'année budgétaire 1928 marque de nouveaux *progrès dans l'amélioration du service postal*, particulièrement sur les points suivants. Le trafic par la voie aérienne a été considérablement étendu ; depuis cette année, il a cessé d'être assuré par les services de l'État, et les transports aériens sont concédés à des sociétés privées, liées à l'administration par des contrats ; une loi nouvelle a organisé des services contractuels pour le transport de la correspondance postale par la voie aérienne vers l'étranger et les possessions insulaires des Etats-Unis. Il a été voté une autre loi, qui favorise le développement de la flotte de commerce américaine et permet à l'administration des postes de donner sa préférence aux bateaux américains pour le transport de la correspondance vers les ports étrangers. Certaines taxes postales qui, dans les milieux commerciaux, étaient considérées comme trop élevées, ont été modifiées de manière à se plier davantage aux besoins de la clientèle ; ainsi, par exemple, la taxe des cartes postales a été ramenée de 2 cents à 1 cent, et la surtaxe aérienne a été ramenée de 10 cents par demi-once à 5 cents pour la première once et 10 cents par once au dessus de la première. On a également réduit certaines taxes concernant les journaux et imprimés non-périodiques ; quand il s'agit de livres expédiés, à titre de prêt aux lecteurs, par des bibliothèques publiques et renvoyés par poste après lecture par les lecteurs aux bibliothèques, la taxe est abaissée à 3 cents pour la première livre et 1 cent pour chaque livre ou fraction de livre en plus de la première ; ce règlement a pour conséquence de favoriser la diffusion des bons ouvrages littéraires ou scientifiques dont sont pourvues les bibliothèques publiques.

Les *recettes* de l'administration des postes ont augmenté, par rapport à l'année précédente, de 10,510.000 dollars, soit de 1,54 % Les *dépenses* on dépassé les recettes de 32.120.000 dollars ; cela correspond, par rapport à l'année précédente, à une augmentation des dépenses de 1,56 %.

Les *recettes postales*, pendant l'année budgétaire 1928, se sont élevées à 693.630.000 dollars, contre 683.120.000 en 1927, et les dé-

penses à 725.690.000 dollars, contre 714.570.000 en 1927. En tenant compte des pertes imputables aux incendies, vols, etc..., ainsi que du reliquat des dépenses ressortissant aux années précédentes, les dépenses totales pendant l'année 1928 se sont élevées à 726.990.000 dollars.

Le recettes se rapportant aux taxes d'affranchissement des correspondances constituent 89,33 % des recettes postales totales et se sont élevées à 619.610.000 dollars. Dans ce chiffre, 530.970.000 dollars proviennent de la vente des figurines, et les 88.630.000 dollars restants viennent des affranchissements en numéraire ou à la machine. Les dépenses d'affranchissement de la correspondance s'élèvent donc, pour l'année, en moyenne à 5,11 dollars par habitant. Les guichets spéciaux pour vente de timbres aux collectionneurs ont vendu pour 154.119 dollars de figurines.

A la fin de l'année il existait 5.699 *bureaux auxiliaires*, tenus par des particuliers (contract-stations). Ces bureaux sont généralement installés chez des commerçants, principalement dans des drogueries ; les gérants passent avec l'administration un contrat renouvelable tous les deux ans et reçoivent une indemnité de gérance variant entre 1 et 1000 dollars par an. Les dépenses relatives à ces bureaux se sont élevées à 1.650.000 dollars, soit 68.756 dollars de plus que l'année précédente.

Par une loi de mai 1926, une somme de 100 millions de dollars a été affectée à la *construction d'immeubles appartenant à l'Etat* et destinés surtout à l'installation de services postaux, mais pouvant aussi être occupés en même temps par d'autres rouages gouvernementaux. Cette somme a été portée ultérieurement à 200 millions de dollars, répartis sur une période de 8 ans à raison de 25 millions par an. Les plans sont élaborés par une commission comprenant deux fonctionnaires de l'administration des postes et du ministère des finances ; ils sont soumis, avant exécution, à l'approbation du pouvoir législatif.

Le service de la *poste aérienne* est assuré par des avions appartenant à des sociétés privées auxquelles l'administration a versé cette année 4.040.000 dollars comme rémunération. Le total des vols effectués couvre une distance de 5.760.000 miles.

Le service des *transports postaux* à l'intérieur des villes est assuré

en partie par des voitures appartenant à l'Etat et en partie par des entrepreneurs privés jouissant d'une concession. Les frais de ces transports se sont élevés à 13.500.000 dollars pour les véhicules de l'administration et à 4.430.000 pour les véhicules des concessionnaires. Dans 749 villes (160 de plus que l'année précédente), existe un service de camionnage de l'Etat qui, dans toutes ces villes, s'est révélé plus avantageux que les services similaires privés. Les dépenses incombant au service de camionnage assuré par l'Etat au moyen d'automobiles sont, depuis 1921, en régression constante. La dépense horaire, pour une automobile de l'Etat, qui s'élevait à 87 cents en 1921, n'était plus que de 54 cents en 1928. On a pu obtenir ce résultat favorable malgré l'augmentation des salaires du personnel et en dépit de ce fait que la moitié des véhicules sont en service depuis dix ans environ et que 80 % d'entre eux ont dû être prélevés dans les services dépendant du ministère de la guerre sans qu'il ait été tenu suffisamment compte de leur imparfaite appropriation aux transports postaux.

A la fin de l'année, il existait des *bureaux ambulants* dans 4.661 trains circulant sur des lignes d'une longueur totale de 204.974 miles et couvrant annuellement un parcours de 271 millions de miles. En outre, des courriers en wagon clos ne comportant pas de personnel ont été transportés par 13.340 trains circulant sur 81.291 miles de voies ferrées et ont effectué dans l'année un parcours de 25 millions de miles. Pour le service ambulant, les dépenses s'élèvent à 53.570.000 dollars pour les traitements du personnel et à 3.910.000 dollars pour frais de transport proprement dits. Le personnel de ce service compte 20.854 unités, dont 19.194 travaillent dans les wagons-poste. Les ambulants ont acheminé, pendant l'année, 9.784 millions de lettres missives et 8.214 millions d'objets des autres catégories, soit 17,999 millions de correspondance de toute nature. Dans ces nombres, sont compris 90 millions d'envois recommandés. A la fin de l'année considérée, il y avait en service 827 wagons-poste (dont 97,3 % en acier) et 3.991 compartiments aménagés pour le service postal dans des wagons ordinaires (dont 47,3 % en acier). Il s'est produit 89 accidents de chemin de fer, dans lesquels un postier a été tué et 120 ont été blessés, parmi lesquels 21 grièvement et 99 légèrement.

Les dépenses relatives au *transport de la correspondance internationale* ont atteint 8.580.000 dollars. Il a été expédié à l'étranger par la voie maritime 6.570.000 livres de lettres, 44.300.000 livres d'imprimés et 31.730.000 livres de paquets, ce qui représente une augmentation de 7,5 % par rapport à l'année précédente et une augmentation de 46 % par rapport à 1922. 60 % de ces correspondances ont été transportées par des navires américains. Le poids du courrier transatlantique a atteint 40.170.000 livres et son transport a coûté à l'administration 4.050.000 dollars. Dans ces nombres, la marine des Etats-Unis compte pour 46 % du poids transporté et 68 % des indemnités de transport. D'après une estimation basée sur un comptage effectué pendant deux périodes de sept jours dans les bureaux d'échange des Etats-Unis, et en faisant abstraction des paquets d'échantillons, on évalue que, pendant l'année 1928, il a été expédié à l'étranger 505 millions d'objets de correspondance et il en a été reçu 463 millions, soit une augmentation de 9,5 % au départ et 27,73 % à l'arrivée sur les chiffres de l'année précédente.

L'administration des postes a énormément contribué au développement du *trafic aérien* en reliant par des services de courriers en avion les principales villes du pays. La concession de ces transports à des sociétés privées a favorisé l'élan économique de ces dernières et a porté rapidement l'aéronautique à un état de développement que, sans la poste, elle n'aurait pu atteindre que dans de longues années. Le capital américain se tourne de plus en plus vers les entreprises aéronautiques. Il a été construit aux Etats-Unis, en 1928, plus de 500 avions par mois, soit 2,5 fois plus que l'année précédente. 7.698 miles de routes aériennes sont organisées pour les vols de nuit, et l'on a décidé, pour l'année courante, l'installation de nouveaux phares afin d'éclairer 5.308 miles supplémentaires de ces routes. L'Amérique surpasse l'Europe à ce point de vue, comme aussi, surtout, sous le rapport du nombre de miles parcourus par les avions postaux. Le réseau des lignes postales aériennes qui, en 1921, s'étendait sur 3.509 miles avec 19 ports d'atterrissage, comptait, en 1928, 11.764 miles avec 91 ports. Tandis que les trajets effectués par les avions postaux s'élevaient en 1921 à une distance totale de 549.244 miles, ils ont atteint, en 1928, 5.760.000 miles. (*Deutsche Verkehrs Zeitung.*)

Les capitaux anglais et américains dans l'industrie allemande des courants faibles. — Ces derniers mois, en Allemagne, plusieurs maisons réputées se sont vu forcées de faire appel à des capitaux étrangers afin de pouvoir résister à la concurrence et surtout d'obtenir de nouveaux débouchés. Qu'il suffise de rappeler les ententes entre Opel et General Motors, l'expansion du trust Harriman en Haute-Silésie et la prise en mains par des Suédois des fabriques de roulements à billes de Schweinfurt. Partout, nous observons l'emprise du capital étranger sur les industries allemandes de premier plan. Mais les grandes puissances capitalistes ne s'en tiennent pas aux industries déjà citées : elles pénètrent également dans le domaine de l'électrotechnique.

L' « International Standard electric corporation » a acquis la majorité des actions de la société allemande « Ferdinand Schuchardt Berliner Fernsprech-und Telegraphenwerk ». Bien que cette dernière, avec un capital d'actions de 1.750.000 marcs, ne représente qu'une des plus petites des entreprises allemandes s'occupant des courants faibles, il ne faut cependant pas perdre de vue que la firme américaine précitée est une filiale de la plus grande des entreprises mondiales dans cette branche industrielle : l' « International telephone and telegraph corporation ». La firme américaine veut fabriquer avec ses propres brevets, dans l'usine berlinoise, des appareils pour la télégraphie, la téléphonie et la T.S.F.. Elle possède déjà en Europe des filiales à Londres, Paris, Vienne, Milan, Madrid, Anvers et Budapest. L'énorme puissance de cette compagnie est mise en évidence par son capital de 142 millions de dollars et ses nombreuses installations répandues dans le monde entier. En outre des affaires qu'elle traitera à l'intérieur de l'Allemagne, l'usine berlinoise développera ses exportations vers les Etats riverains de la Baltique, la Pologne et la Russie.

On sait qu'il existait auparavant une communauté d'intérêts entre la firme américaine et la société Siemens et Halske ; mais, depuis quelque temps, ces liens commerciaux sont effectivement rompus. Les représentants les plus importants des industries allemande et britannique des courants faibles, les maisons Siemens et Halske A.G. et Siemens brothers Co limited de Londres, ont conclu

des accords portant sur un échange réciproque de leurs brevets, licences et procédés techniques. La firme Siemens et Halske cède à la société anglaise 6.557 actions et reçoit, en échange, de Siemens brothers, 450.000 parts ordinaires. Le capital, en actions de première émission, de la société Siemens et Halske, y compris les actions cédées à la société anglaise, s'élève à un montant nominal de 100.590.000 marcs. Le capital de Siemens brothers est de 60 millions de marcs. Les accords conclus entre les deux grandes firmes, indépendamment de l'échange de capitaux et de licences de fabrication, ne se bornent pas à leur fournir une position défensive dans la lutte économique mondiale dans le domaine de l'industrie électrique, mais leur permettront de développer encore davantage que par le passé leurs exportations dans les pays de l'Europe centrale. (*Deutsche Verkehrs-Zeitung.*)

Barrière radio-électrique pour poissons. — Voici une utilisation originale des ondes radioélectriques et des lampes de T.S.F., pour empêcher les poissons de s'aventurer dans les canaux d'irrigation, dans lesquels leur existence est en péril par manque de nourriture, assèchement ou appareils destructeurs.

On a construit, dans ce but, des écrans radio-électriques qui sont placés avant le cours d'eau dont on veut défendre l'accès aux poissons. Ces écrans radio-électriques sont constitués par deux rangées de barres métalliques verticales ne touchant pas le fond de la rivière et soutenues par des poutres de bois. Ces rangées de barres constituent les armatures d'un condensateur et sont reliées aux deux pôles du secondaire d'un transformateur dont le primaire est alimenté par un courant à fréquence plus ou moins élevée et qui est réglé suivant les conditions locales. Ce transformateur est indispensable pour assurer l'isolement des deux pôles par rapport à la terre et éviter les pertes par courant dérivé par le sol. Le primaire du transformateur est connecté entre le filament et la grille d'une lampe à trois électrodes et aux bornes d'un condensateur variable ; ce primaire est couplé à une self reliée à la plaque de la lampe, de façon à constituer un ensemble émetteur d'oscillations de haute fréquence. La tension à appliquer à l'écran se détermine expérimentalement.

Les résultats des essais furent excellents. Sur 1.500 poissons contenus dans l'étang où fut expérimenté l'écran radio-électrique, une trentaine seulement succombèrent à l'électrocution. Tous les autres restèrent pendant plusieurs jours dans l'étang malgré les appâts intentionnellement placés dans la zone interdite. A un moment donné, le courant fut brusquement interrompu et les poissons envahirent en grand nombre la zone défendue.

Les poissons sentent parfaitement le choc électrique et cherchent à fuir. L'idée d'employer une barrière électrique a d'ailleurs tenté déjà plusieurs inventeurs, mais aucune solution ne s'était révélée efficace, car elles conduisaient à de véritables hécatombes par l'électrocution des poissons, tandis que la barrière radio-électrique, grâce à la fréquence du courant employé, semble bien remplir son rôle de protection du poisson.

(*La T.S.F. moderne.*)

BREVETS D'INVENTION.

I. TÉLÉGRAPHIE.

659.214. Dispositifs de commande et de contrôle à distance d'organes quelconques, groupés dans une seule station ou disséminés le long d'un circuit (Compagnie des téléphones Thomson-Houston, France).

659.219. Télégraphie à grand rendement (Charles Verdan, France).

659.663. Appareil de télégraphie privée (Jean-Laurent Semat, France).

659.863. Dispositif d'enregistrement optique pour transmissions télégraphiques (Etablissements Edouard Belin, France).

660.493. Perfectionnements apportés aux câbles sous-marins pour grandes profondeurs (Feltz et Guillaume Carlswerk Aktiengesellschaft, Allemagne).

II. TÉLÉPHONIE.

658.837. Perfectionnements apportés aux câbles téléphoniques pour grandes distances et dans lesquels ne se propagent pas de bruits étrangers (Feltz et Guillaume Carlswerk Aktiengesellschaft, Allemagne).

658.865. Dispositif de connexion pour installations téléphoniques avec amplificateurs (Siemens et Halske, Aktiengesellschaft, Allemagne).

659.213. Système téléphonique automatique (Bertil Brander, Suisse).

659.275. Isolateur hygiénique destiné aux écouteurs, notamment d'appareils téléphoniques (Georges-Jules-Jérôme Ferrand et Paul-Gaston Lefrand, France).

659.568. Procédé permettant de modifier les propriétés électriques des câbles téléphoniques et plus particulièrement d'égaliser les différences de capacités (Weitverkehrskabel, Allemagne).

659.711. Disposition de connexion pour installations téléphoniques avec bureaux intermédiaires principaux et secondaires (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

659.757. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques ou semi-automatiques (Le Matériel téléphonique, France).

659.778. Perfectionnements aux microphones (Leslie Harold Paddle, Angleterre).

659.883. Disposition de connexion pour l'essai des lignes dans les installations téléphoniques (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

659.884. Disposition de connexion pour installations téléphoniques à fonctionnement semi-automatique (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

659.990. Dispositif de commande du degré de transmission dans les systèmes téléphoniques, les installations d'amplificateurs et les installations similaires ((Wilhelm Hahn et Hans Warnecke, Allemagne).

660.068. Installation téléphonique avec dispositif pour l'appel sélectif de stations branchées en parallèle sur une ligne commune (Chr. Gfeller Aktiengesellschaft, Suisse).

660.170. Perfectionnements aux systèmes pour bureaux centraux téléphoniques (Le Matériel téléphonique, France).

660.419. Dispositif de transmission d'un signal de remise à l'heure des pendules, particulièrement applicable aux réseaux téléphoniques publics (Etablissements Léon Hatot, France).

660.479. Perfectionnements aux microtéléphones (Le Matériel téléphonique, France).

660.480. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques reliant entre eux plusieurs bureaux centraux (Le Matériel téléphonique, France).

660.600. Dispositif de connexion pour installations téléphoniques avec fonctionnement par sélecteurs et avec collecteurs (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

34.438. Membrane exempte de résonance (Eugen Reisz, Allemagne) (1^{re} addition au brevet n° 614.116).

34.464. Perfectionnements aux récepteurs, émetteurs téléphoniques, relais électriques et analogues (Albert-Marie Marquer, France) (2^e addition au brevet n° 594.032).

III. TRANSMISSION DES IMAGES.

659.259. Transmission électrique des images entre postes éloignés (Skala Research Laboratories, Etats-Unis).

Utilisation, aussi bien à la transmission qu'à la réception, des interactions dans un liquide approprié (bisulfite de carbone, nickel tétracarboné ou fer pentacarboné) entre le champ magnétique produit par un solénoïde entourant ledit liquide et le champ électromagnétique propagé par les rayons de lumière polarisée issus de l'image à transmettre (poste de transmission) ou d'une source de lumière constante que l'œil regarde à travers un montage optique approprié (poste de réception).

659.533. Procédé et dispositif pour la transmission télévisuelle par l'électricité de l'image des objets mobiles ou en repos, et des vues fixes ou cinématographiques (Ladislaus Szenyovszky et Schulz'sche Aktiengesellschaft, Hongrie).

660.415. Ecran pour appareil récepteur de télévision ou de télécinématographie (Léon Thurm, France).

Ecran constitué par un ensemble de lampes à décharge dans les gaz (lampes au néon) disposées sur un support tournant et réunies à un collecteur qui les relie successivement à la sortie de l'amplificateur électrique du poste récepteur de télévision, les éclats lumineux de ces lampes reproduisant, grâce à la persistance des impressions de la rétine, l'image vivante transmise par le poste émetteur.

34.450. Perfectionnement au dispositif pour l'exploration des images (Georges Valensi, France) (1^{re} addition au brevet n° 638.547).

34.476. Nouveau perfectionnement au dispositif optique pour l'exploration des images (Georges Valensi, France) (1^{re} addition au brevet n° 638.879).

34.481. Dispositif de transmission et de synchronisation pour la télévision (Georges Valensi, France) (3^e addition au brevet n° 572.716).

IV. RADIOCOMMUNICATIONS.

658.932. Dispositif de montage pour lampes thermoioniques (Etablissements Herbelot et Worms, France).

658.937. Procédé et dispositifs pour l'élimination des parasites reçus par les appareils récepteurs d'ondes électro-magnétiques (Ernest-Alexander Tubbs, Danemark).

659.000. Perfectionnements aux montages avec lampes tri-grilles (Jonesco Stanco Stellan, France).

659.123. Dispositif de commande d'organes de postes de télégraphie et de téléphonie sans fil (Jean-René Lecoq, France).

659.294. Perfectionnements aux tubes à décharge électronique (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

659.417. Perfectionnements aux systèmes d'antennes pour transmission radiophonique d'ondes électriques (Le Matériel téléphonique, France).

659.430. Dispositif de production des courants alternatifs à haute fréquence à l'aide d'éclateurs (Joachim Erik Scheel et Werner Herbert Bull, Allemagne).

659.662. Collecteur d'ondes à quatre enroulements pour télégraphie, téléphonie et télévision sans fil (Jean Passerat, France).

659.686. Perfectionnements aux systèmes récepteurs d'oscillations électriques (Victor du Bouchet, France).

659.716. Dispositif de détecteur à cristaux (Nicolas-Arthur Klein, France).

659.766. Dispositif de retour grille sans réaction de la tension grille des postes alimentés sur le réseau (Manfred von Ardenne, Allemagne).

659.974. Perfectionnements aux montages de postes de téléphonie et de télégraphie sans fil (Jean-René Lecoq, France).

660.179. Perfectionnements aux appareils récepteurs d'ondes électriques (Compagnie continentale Trialmo et A. Motschan, Belgique).

660.258. Dispositif d'assemblage des organes de liaison de deux circuits radio-électriques, plus particulièrement applicable aux liaisons des tubes à vide entre eux (Ateliers de construction électrique de Montrouge, France).

660.340. Utilisation de corps émettant des vapeurs à basse température pour la constitution de lampes détectrices, amplificatrices, redresseuses et émettrices de T.S.F. et procédé de fabrication de ces lampes (Pierre Creuzé, France).

660.345. Système d'appareillage pour la télégraphie et la téléphonie sans fil (Jules Courtier, France).

660.470. Montage sous verre des appareils radiotéléphoniques (Joseph Schluskel et Alphonse Wetzel, France).

660.543. Système de réglage des condensateurs d'un poste récepteur de T.S.F. au moyen d'un seul bouton de manœuvre (Etablissements Cholin, Ferry et Paul, France).

34.442. Perfectionnements aux postes radiotélégraphiques (Société française radio-électrique, France) (3^e addition au brevet n° 598.512).

34.446. Perfectionnements aux appareils de réception d'ondes et notamment d'ondes hertziennes (Henri de Regnaud de Bellescize, France) (1^{re} addition au brevet n° 628.595).

34.471. Fiche pour connexions de T.S.F. et autres applications (Paul Jullien, France) (1^{re} addition au brevet n° 635.075).

34.477. Amplificateur de sons applicable en particulier aux phonographes et aux postes de T.S.F. (Victor-Lucien Boucaut, France), (1^{re} addition au brevet n° 646.758).

34.479. Perfectionnements aux appareils émetteurs et récepteurs de T.S.F. (Jean-Paul Lévy, dit J.-L. Ménars, France) (1^{re} addition au brevet n° 646.761).

34.488. Indicateur électrique, simple et double, d'angle de direction d'émission d'ondes électriques ou transformables en électricité (Haig Antranikian, France) (1^{re} addition au brevet n° 648.804).

34.496. Radio-goniomètre pour ondes courtes (du Bourg de Bozas, France) (6^e addition au brevet n° 584.083).

V. DIVERS.

658.799. Système de réception à bande de fréquences (Vreland Corporation, Etats-Unis).

659.529. Perfectionnements aux appareils électriques pour la transmission d'indications sur de grandes distances (Barr and Stroud, Angleterre).

659.956. Perfectionnements aux appareils pour la transmission électrique d'indications sur des distances relativement grandes (Barr and Stroud, Angleterre).

660.569. Dispositif acoustique électrostatique pour la transmission et la réception des ondes sans fil (Newcombe-Hawley, Etats-Unis).

660.570. Dispositif acoustique (Newcombe-Hawley, Etats-Unis).

660.571. Appareil électrostatique producteur et reproducteur de sons (Newcombe-Hawley, Etats-Unis).

34.489. Régulatrice pour machines dynamo-électriques dites « métadynes » ou « pliodynes » (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston) (1^{re} addition au brevet n° 655.246).

BIBLIOGRAPHIE.

Les finances de l'entreprise. Première partie : *Gestion du fonds de roulement*, par P. Jeancard, J. Wilbois et G. Crespin. Paris, Félix Alcan, 1929. 1 vol. in-16 de 170 pages. — Prix : 12^f,50.

Ce livre, qui est le quatrième de la série des *Vade-mecum du chef d'entreprise*, collection dirigée par M. G. Wilbois, apporte, sur la « politique des prix de revient » et la « politique du fonds de roulement », des vues originales, tout en conservant une grande rigueur scientifique quant à la pratique des règles qu'il conseille et des exemples qui les illustrent. Sous une forme accessible à tous, les auteurs ont traité un problème qui est bien rarement abordé, car sous le nom de finances on fait surtout de la comptabilité, du droit ou de la banque ; le vrai problème qui se pose dans l'industrie et le commerce est très souvent ignoré.

Ces questions peuvent intéresser au plus haut point le personnel de l'administration des P.T.T. au sujet de l'adaptation des règles de la comptabilité publique aux conditions nouvelles d'exploitation industrielle du monopole instituées par la loi du 30 juin 1923.

M. D.

Leçons sur la conductibilité des électrolytes professées à la Sorbonne en 1927-28, par E. DARMOIS, Paris, Vuibert, 1929. 1 vol. in-8°. — Prix : 20 francs.

L'auteur M. E. Darmois n'est pas un inconnu pour les ingénieurs de l'administration des Postes et Télégraphes, puisque plusieurs d'entre eux ont suivi les leçons professées par lui à l'Ecole supérieure d'électricité sur les principes généraux de l'éclairage intérieur et extérieur. Ces leçons ont d'ailleurs été mises au point par les lecteurs français dans un ouvrage de la collection Léauté qui traite de la science de

l'éclairage et renferme les données pratiques et expérimentales nécessaires à tous les usagers de l'éclairage et en particulier au personnel des postes et télégraphes. La compétence pratique du savant professeur est due à un séjour de trois années qu'il fit à la Compagnie Westinghouse pour les recherches de laboratoire sur la fabrication des lampes et convertisseurs à vapeur de mercure un peu avant la guerre.

Mais les leçons que nous avons à présenter aujourd'hui au lecteur des Annales des P.T.T. ont une autre origine, qui doit être cherchée dans les travaux, commencés en 1907 à l'École normale, sur la polarisation rotatoire. C'est en poursuivant ces études sur les modifications que le pouvoir rotatoire éprouve en présence des sels neutres que M. E. Darmois a été amené à s'occuper des électrolytes et à débrouiller les anomalies de ce phénomène.

M. E. Darmois, qui a fondé la section nancéenne de la Société de physique, est professeur à la Sorbonne depuis novembre 1926 ; il y a remplacé numériquement M. Sagnac et dans son enseignement M. Leduc. Il est lauréat de l'Institut, croix de guerre et chevalier de la Légion d'honneur. Ces indications nous dispensent de faire l'éloge des qualités pédagogiques de l'ouvrage sur les électrolytes : il donne une idée complète et volontairement élémentaire de nos connaissances sur la conductibilité des électrolytes à l'état solide, à l'état fondu et en solution dans l'eau et autres solvants. Bien que la propagation de l'électricité soit au premier plan des préoccupations des télégraphistes, la pile et les phénomènes physiques qui ont leur siège dans les électrolytes ne leur sont pas indifférents. Or la théorie de la dissociation électrolytique a subi dans ces cinq dernières années des remaniements très sérieux ; nous devons donc être reconnaissants à l'auteur de nous exposer l'essentiel de ces changements.

Il rappelle d'abord les résultats classiques sur l'électrolyse : lois de Faraday, mesures de la conductibilité et des nombres de transport des ions. Il montre ensuite que les recherches nouvelles conduisent à attribuer aux électrolytes forts une dissociation plus grande que celle de la théorie ancienne. A l'aide de la notion d'*activité*, on donne l'interprétation correcte des propriétés osmotiques des ions, telles que l'abaissement du point de congélation ; cette interprétation, purement

thermodynamique, ne suppose rien sur la grandeur de la dissociation en solutions concentrées.

La théorie des piles de Nernst est ensuite présentée, d'abord sous la forme ancienne, puis sous la forme nouvelle qui utilise l'activité ; à côté de propriétés classiques des piles et accumulateurs, on expose la mesure électrométrique de l'activité des électrolytes et la mesure du p .

L'hypothèse de la dissociation totale des électrolytes forts est ensuite utilisée pour calculer les propriétés osmotiques des solutions et leur conductibilité ; on indique les vérifications obtenues jusqu'ici. Enfin on donne l'essentiel de ce qu'il faut savoir sur la conductibilité des électrolytes fondus et des cristaux.

Nous avons dit plus haut que ces leçons avaient pour origine des travaux sur le pouvoir rotatoire. Qu'on nous permette d'insister sur ce point. Je me rappelle un appareil de télégraphie optique secrète d'avant la guerre, qui utilisait la polarisation lumineuse. Au lieu de produire l'extinction du rayon lumineux, on se contentait de le polariser et de faire varier l'azimuth du plan de polarisation. Un analyseur optique permettait de reconnaître cette variation et l'on avait ainsi un moyen de transmettre des signaux par le moyen d'un faisceau lumineux permanent qui paraissait inchangé parce que l'intensité en était invariable. Il n'y a donc point de propriété physique qui ne soit susceptible de recevoir un jour ou l'autre quelque application à la télégraphie.

Disons donc un mot du pouvoir rotatoire, ou plutôt, des travaux de M. E. Darmois à ce sujet. Faraday a observé le premier la superposition de la rotation magnétique à la rotation naturelle d'un corps actif. M. E. Darmois a étudié les deux dispersions, qui, d'après certaines idées théoriques, devraient être proportionnelles ; il a désiré éprouver la validité de cette règle qui est évidente, si les deux rotations suivent la loi du carré de la fréquence, cas des essences naturelles brutes (Biot). Les séparations ayant été améliorées, la représentation graphique de la loi de Biot, pour plusieurs couleurs, a permis de conclure dans certains cas à la présence certaine de deux composantes à dispersions naturelles différentes. Quand on a conclu à la présence de deux corps, la règle de Biot fournit les proportions de chacun d'eux.

Par exemple, dans l'essence de térébenthine des Landes, le procédé indique la présence de 30 % d'un nouveau carbure (pinène β) ; et actuellement, dans l'industrie, l'attention ayant été ainsi éveillée, on extrait la pinène β de l'essence de térébenthine des Landes par distillation fractionnée, à l'aide d'appareils industriels. On le fait, parce que les propriétés chimiques des deux pinènes α et β sont assez différentes, pour qu'il soit préférable de les séparer, quand on veut s'en servir pour effectuer certaines synthèses. Je ne saurais d'ailleurs insister ici sur les autres applications scientifiques, ni sur les anomalies du pouvoir rotatoire des acides tartrique et malique, sur sa relation avec l'acidité, sur la mutarotation, sur la séparation de l'acide malique racémique en ses deux antipodes optiques, etc., ni sur la thèse de doctorat de M. de Mallemann, concernant l'influence d'un champ électrique sur le pouvoir rotatoire, qui a été effectuée aussi au laboratoire de M. E. Darmois. Je tiens plutôt à rassurer le lecteur sur la clarté et la simplicité des leçons sur la conductibilité des électrolytes.

J.-B. P.

Le gérant :

HENRI DÉVÉ.

DOCUMENTATION.

Les analyses suivantes se rapportent à des articles parus dans les périodiques français et étrangers reçus par le Service d'études et de recherches techniques de l'administration des Postes et Télégraphes : elles sont rédigées par des fonctionnaires de ce service et signées de leurs initiales. Elles sont imprimées avec une pagination spéciale et sur un seul côté des feuillets de façon que l'on puisse, soit les relier à part, soit les découper pour en constituer un répertoire par fiches. Dans ce dernier cas, le classement en sera facilité par les nombres inscrits en tête des analyses, qui correspondent au classement décimal dont nous avons publié la table dans le numéro de janvier.

26. Le réseau des tubes pneumatiques de Paris (J. Jacob, *Technique moderne*, 15 mai 1929). — Article très documenté et illustré de nombreuses gravures sur l'état actuel du réseau pneumatique de Paris et sur les améliorations qu'il serait possible d'y apporter. Après une étude des caractéristiques générales des tubes, l'auteur passe en revue les divers ateliers de force motrice, et les nouveaux systèmes de compresseurs rotatifs (Winterthur, Planchet).

Il décrit ensuite les appareils de réception et d'expédition des trains, les dispositifs permettant d'employer alternativement la pression ou le vide et les moyens employés pour débloquer les lignes.

L'auteur étudie enfin les perfectionnements que l'on peut apporter au système actuel, et en particulier certains dispositifs allemands de signalisation lumineuse, d'aiguillage et d'éjection automatique des cartouches.

Comme conclusion, il se demande si l'avenir du réseau pneumatique dans une ville dotée du téléphone automatique justifierait les travaux importants nécessités par une refonte totale. A. L.

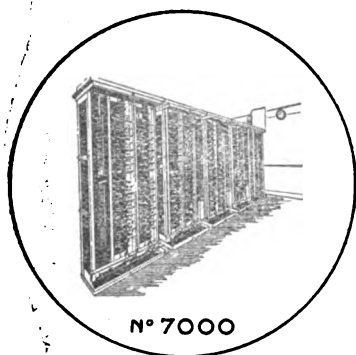
29. Les petits paquets (J. Lenggenhager, *Union postale*, mars 1929). — Reproduit dans *Annales P.T.T.*, juillet 1929.

32. La qualité du synchronisme dans l'appareil Baudot et ses conséquences au

point de vue de la vitesse de transmission (M. Bayard, *Journal télégraphique*, juin 1929).

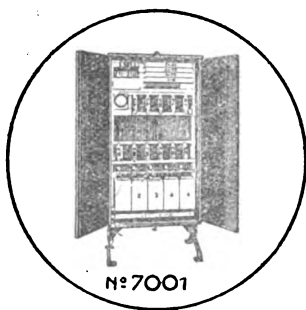
— Dans l'appareil Baudot, où les électro-aiguilleurs du traducteur ne sont mis en relation avec le relais recevant les courants de ligne que pendant les instants où les balais du distributeur passent sur certains contacts écourtés, il convient, pour que la traduction soit correcte, que l'armature du relais de ligne occupe la position convenable aux instants où les électro-aiguilleurs sont mis en circuit. Ces instants dépendent de la position des balais au moment de la réception du signal de correction et de la vitesse angulaire des balais. L'imprécision de l'instant de passage des balais au point de repère, ainsi que l'écart de vitesse des balais des distributeurs des postes correspondants, rendent nécessaire que les durées de séjour des armatures du relais sur les butoirs correspondants soient plus longues qu'il ne serait utile si ces causes d'imprécision de la correspondance des temps n'existaient pas : ceci entraîne une réduction de la marge laissée à la fidélité d'enregistrement des signaux par le relais récepteur, et conduit à diminuer la vitesse de transmission des signaux. L'auteur analyse ces diverses circonstances et établit les relations qui existent entre les caractéristiques électriques et mécaniques des installations et la vitesse de transmission. Il met en relief plusieurs faits extrêmement importants : les caractéristiques d'un appareil ou d'une

INSTALLEZ LE téléphone automatique



N° 7000

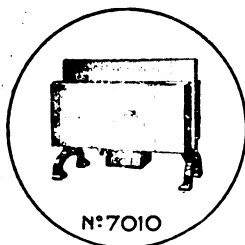
Nous construisons
4 Modèles de
commutateurs
automatiques :



N° 7001

N° 7010 - *jusqu'à 20 lignes*
N° 7001 - *jusqu'à 70 lignes*
N° 7000 - *de 100 à 400 lignes.*
N° 7BMSS - *de 300 à 900 lignes.*

Nous envoyons gratuitement sur
demande tous renseignements



N° 7010



"Le Matériel Téléphonique"

Société Anonyme au Capital de 150.000.000 de francs

46 AVENUE DE BRETEUIL PARIS (VII^e)

sur l'équivalent de transmission total d'un circuit téléphonique dénué de distorsion de couplage par réaction (Hans Decker, *T.F.T.*, avril 1929). — L'auteur montre qu'un manque de régularité de la courbe impédance-fréquence peut introduire dans un circuit à quatre fils une distorsion supérieure à la limite admissible. P. M.

42. Sur les relations entre les caractéristiques de fréquence et les phénomènes transitoires dans les systèmes linéaires (K. Kùpfmüller, *E.N.T.*, janvier 1928). — Traduit dans *Annales P.T.T.*, septembre 1929.

43. Emploi du plan de jonction pour la localisation des dérangements sur les câbles à grande distance équilibrés par croisements (P. Prache, *Annales P.T.T.*, avril 1929).

43. Canalisations téléphoniques souterraines (Zanni, *Elettrotecnica*, 25 avril 1929). — L'auteur décrit les principaux types de conduites construits par la « Società telefonica terrena ». Cette société fabrique, en particulier, des conduites de section circulaire à trous multiples, en éternit. Il est également intéressant de noter les conduites tubulaires, en ciment armé centrifugé, qui comportent intérieurement des consoles métalliques sur lesquelles on place les câbles. Le câble est tiré par longueur de 250 mètres ; puis des ouvriers pénètrent dans la conduite et le placent sur les consoles qui lui sont dévolues. Le diamètre intérieur du plus petit modèle de ces conduites est de 900 mm ; on peut y placer 12 câbles. Deux autres modèles sont construits par la société : l'un de 1150 mm pour 20 câbles et l'autre de 1250 mm pour 32 câbles (câbles à 600 paires). Analogues aux galeries, ces conduites sont très économiques, et même, d'après l'auteur, moins coûteuses que les dalles à trois multiples de même capacité. V.-L. D.

45 et 46. Les centraux téléphoniques de Lyon (A. Lelluch, *Annales P.T.T.*, juin 1929).

46 et 45. Les centraux téléphoniques de Lyon (A. Lelluch, *Annales P.T.T.*, juin 1929).

47. Formules relatives à l'étude des bruits d'induction sur une ligne de télécommunication influencée par une ligne de transmission d'énergie (J.-B. Pomey, *R.G.E.*, 13 avril 1929). — L'auteur montre que les formules classiques relatives à ce problème peuvent s'obtenir à partir de l'équation des télégraphistes moyennant une

transformation de ces équations : s'il s'agit du cas d'une ligne soumise aux effets d'induction magnétique d'une ligne voisine (seul cas considéré par l'auteur), on considère, au lieu du courant réel, un courant fictif égal à la somme du courant réel et du quotient de la force électromotrice induite par unité de longueur, par l'impédance linéique de la ligne. On peut encore considérer le courant vrai, mais introduire des potentiels fictifs... L'auteur montre enfin comment ces résultats peuvent être généralisés dans le cas de lignes pupinisées. L.-J. C.

48. Mesures de transmission sur des circuits aériens (P. Mocquard, *Annales P.T.T.*, avril 1929).

48. Essais des postes d'abonnés à partir du poste central (P. Mocquard, *Annales P.T.T.*, juin 1929).

49. Un système de téléphonie multiplex à courants porteurs sur les circuits téléphoniques à grande distance (Affel, Demarest et Green, *Journal of the A.I.E.E.*, décembre 1928). — Traduit dans *Annales P.T.T.*, août 1929.

59. Guidage des navires et avions par ondes hertziennes (J. Aicardi, *Annales P.T.T.*, juin 1929).

59. Stérographe (Chauveau, *Bulletin de la Société française des electriciens*, août 1928). — Repraduit dans *Annales P.T.T.*, septembre 1929).

62. Les champs de vecteurs (R. Ferrier, *R.G.E.*, 29 avril 1929). — Exposé très condensé, et cependant très clair et très précis, des principes du calcul vectoriel et du calcul tensoriel. L.-J. C.

62. Aspect géométrique de la contraction de Lorentz (J.-B. Pomey, *Annales P.T.T.*, mai 1929).

64. Les piles électriques d'après les brevets récents (L. Jumau, *R.G.E.*, 27 avril, 4 et 11 mai 1929). — L'auteur passe en revue l'ensemble des brevets qui ont été pris, au cours des dernières années, au sujet de perfectionnements à apporter à la fabrication des piles électriques : ce sont les piles du type de Leclanché et les piles à électrolyte immobilisé qui ont été l'objet du plus grand nombre de travaux. L'exposé présenté est très méthodique et très clair. L.-J. C.

68. Appareil à lecture directe pour la mesure des champs magnétiques (*Industrie électrique*, 10 mai 1929). — Description d'un appareil dû à M. Dupouy et permettant de



SUPPLÉMENT

établir, entre vous et la personne appelée, une "liaison vivante" par la parole; pouvoir se comprendre clairement parce que les mots, les sons ne seront pas déformés... voilà ce que le téléphone Ericsson vous assurera toujours parce qu'il "porte" fidèlement la parole.

LA DISTANCE

TÉLÉPHONE

ERICSSON

33, Bd d'Achères, COLOMBES, (Seine) - Tél. Wagr. 93-58 et 93-68

TÉLÉPHONIE MANUELLE ET AUTOMATIQUE

mesurer l'intensité d'un champ magnétique par simple lecture sur un cadran gradué. Un cristal anisotrope de sidérose, mobile autour d'un axe, est soumis à un couple proportionnel au carré du champ. Un ressort spiral fournit le couple antagoniste. Ce gaussmètre est gradué par comparaison. Les mesures sont très rapides et peuvent être presque ponctuelles avec un cristal très petit. Les lectures doivent subir une correction de température. A. L.

68. **Mesures sur les isolants en atmosphère humide** (F. Moench, *E. T. Z.*, juin 1929). — Les qualités électriques des isolants dépendent dans une très large mesure de l'état hygrométrique de l'atmosphère au sein de laquelle ils ont séjourné. L'auteur indique les précautions à prendre pour réaliser à l'intérieur d'une enceinte un état hygrométrique déterminé; une solution de chlorure de calcium doit être préférée souvent à un mélange d'acide sulfurique et d'eau; il est nécessaire de vérifier fréquemment, au moyen d'un aréomètre, la densité de la solution employée. Pour étudier la correspondance entre l'indication de l'aréomètre et le degré hygrométrique, l'auteur a utilisé avec succès l'hygromètre à cheveu. R. B.

72. **Les nouvelles conceptions sur la matière et le rayonnement** (A. Boutaric, *Génie civil*, 25 mai et 1^{er} juin 1929). — Dans ces deux articles, M. Boutaric expose les modifications qui ont été apportées à la conception primitive de la structure de la matière, pour tenir compte de la découverte de nouveaux phénomènes qui ne pouvaient être expliqués d'une manière satisfaisante par l'existence d'un atome homogène et insécable. La répartition de l'énergie dans le spectre du corps noir a fait émettre la théorie des quanta, qui a été appliquée par Bohr à la mécanique de l'atome. La découverte de l'effet photo-électrique suggère l'hypothèse que le rayonnement est constitué par des corpuscules d'énergie, les photons, se propageant dans le vide avec la vitesse de la lumière; cette hypothèse permet d'interpréter facilement l'effet Compton, qui consiste en la diminution de la fréquence des rayons X diffusés par les atomes légers contenus, par exemple, dans un fragment de graphite. Certaines hypothèses émises par Bohr ont conduit plusieurs physiciens à admettre que l'électron serait équivalent à un paquet d'ondes, dont les longueurs d'onde seraient groupées autour d'une certaine valeur, dépen-

dant de la masse de l'électron. Un certain nombre d'expériences, analysées succinctement dans l'article, établissent les propriétés ondulatoires de l'électron. La conclusion des nouvelles théories paraît être celle-ci : que l'énergie n'est pas transmise par les ondes de rayonnement, mais par des corpuscules la transportant, et qui seraient dirigés par des ondes pilotes.

V.-L. D.

72. **Les vérifications récentes de la mécanique ondulatoire dans le cas des électrons : expériences de Davisson et Germer, et de G.P. Thomson** (Maurice de Broglie, *Génie civil*, 8 juin 1929). — Après un bref rappel des considérations qui ont donné naissance à cette nouvelle théorie, M. de Broglie signale quelques expériences ayant pour but d'en vérifier certaines conséquences; en particulier, la diffraction des électrons par des réseaux métalliques ou à travers des pellicules très minces d'oxydes métalliques.

V.-L. D.

72. **Sur la stabilité des régulateurs indirects continus** (K. Küpfmüller, *Zeitschrift für technische Physik*, décembre 1928). — Traduit dans *Annales P.T.T.*, août 1929.

81. **Nouvelle presse universelle pour des essais de matériaux de construction** (P. Breuil, *Génie civil*, 20 avril 1929). — La presse décrite dans cet article est fabriquée par la maison Amsler, de Schaffhouse. Elle comporte trois machines réunies sur un même châssis : une presse de 500 tonnes, une presse auxiliaire de 10 tonnes et un dispositif pour essais de traction jusqu'à 500 kilos. Ces machines sont actionnées par de l'huile sous pression, qui est fournie par une pompe différentielle à main. Les efforts mis en jeu sont lus sur un cadran devant lequel se déplace une aiguille qui suit la déformation que subit un puissant ressort de mesure. Cette nouvelle machine réunit, sous un encombrement relativement faible, les machines permettant de soumettre à des essais mécaniques, réguliers et méthodiques, les matériaux de construction.

V.-L. D.

86. **Une nouvelle application de l'électrolyse : le chromage** (*Industrie électrique*, 10 juin 1929). — Résumé d'une étude parue dans la *Revue universelle des mines de Liège* sur la théorie et la technique du chromage.

A. L.

99. **La politique commerciale des principales puissances** (G. Blondel, *Annales P.T.T.*, avril et mai 1929).

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

- LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE, 3, rue Thénard, Paris (5^e)**
- CONSTRUCTION DES LIGNES AÉRIENNES** (1) par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (3^e édit., 1 vol. autogr., de 362 p., et 188 fig.)..... 25 fr.
- CONSTRUCTION DES LIGNES SOUTERRAINES** (1), par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 346 p., 153 fig. et 17 pl.)... 3 fr.
- COURS DE PROTECTION DES LIGNES** télégraphiques et téléphoniques contre les lignes d'énergie (1), par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr., de 493 p., 65 fig. et 2 pl.)..... 35 fr.
- COURS D'INSTALLATIONS TÉLÉPHONIQUES**, par MILON, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. typogr., de 46 p., 294 fig., 15 pl.)..... 45 fr.
- COURS D'EXPLOITATION TÉLÉGRAPHIQUE** (1), par L. RAYNAL, ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr. de 175 p.)..... 18 fr.
- PRINCIPES GÉNÉRAUX D'EXPLOITATION TÉLÉPHONIQUE** (1), par MILON, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 272 p. et 20 fig.)... 15 fr.
- TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SANS FIL** (1), par VEAUX, ingénieur en chef des P.T.T., (1 vol. typogr. de 320 p. et 362 fig.)
(En réimpression)
- COURS SUR L'ORGANISATION ET LE CONTRÔLE DE L'EXPLOITATION DES BUREAUX TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES** (1), par LEVEAU, chef de bureau téléphonique hors classe breveté, (1 vol. autogr., de 190 p.).... 18 fr.
- COURS D'EXPLOITATION POSTALE** par FERRIERE chef de bureau des P.T.T. (2 vol. typogr. de 241 et 306 p.)..... 40 fr.
- COURS DE COMPTABILITÉ et de droit budgétaire** (1), par FERET DU LONGBOIS directeur au ministère des Finances (1 vol. typogr., 3^e éd., 156 p.)..... 15 fr.
- CONFÉRENCES DE COMPTABILITÉ Industrielle et commerciale**, par G. VALENSI ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr. de 276 p.)..... 18 fr.
- COURS DE MACHINES** (1), par M. SAUVAGE, inspecteur général des Mines (1 vol. autogr., 207 p., 70 fig.)..... 15 fr.
- COMPLÉMENTS DE MATHÉMATIQUES** (1), par B. COLLIN, agrégé de l'Université, professeur au lycée Saint-Louis et à l'Ecole supérieure des P. T. T. (1 vol. autogr. de 84 p.)..... 7 fr.
- COURS ÉLÉMENTAIRE DE TÉLÉPHONIE** (2), par Louis GRELAUD, contrôleur principal des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 180 p. et 127 fig.)..... 22 fr.
- COURS D'ÉLECTRICITÉ** (2) (Application à la téléphonie et à la télégraphie à l'usage des agents mécaniciens et du Personnel des P. T. T.), par Ch. SUCHET, ingénieur des P.T.T., (3^e édit. 2 vol. typogr. de 299 p. et 236 p.) Tome I, 30 fr.; Tome II, 22 fr.
- COURS DE MULTIPLES TÉLÉPHONIQUES** (2) (à l'usage des agents mécaniciens, et du Personnel des P. T. T.), par Paul JOLY, ingénieur en chef des P.T.T. 2^e édit. 1 vol. autogr., 519 p., 147 fig. et un atlas de 70 pl.)..... 60 fr.
- COURS DE TÉLÉPHONIE AUTOMATIQUE** (2) (à l'usage des agents mécaniciens et du Personnel des P. T. T.), par Ch. PETIT, ingénieur en chef des P.T.T. (2 vol.).
Livre I (415 pages, 162 fig. et 39 pl. hors-texte) 55 fr.
Livre II (en impression)
- MANUEL DE L'OUVRIER** des lignes aériennes télégraphiques et téléphoniques, par L. DROUET, ingénieur en chef des P.T.T. (3^e éd., 1 vol. typogr. 13×18, de 254 p. et 158 fig.)..... 18 fr.

(1) Cours professé à l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes.

2) Cours professionnels.

MACHINES ELECTRIQUES SPECIALES**Michel BONNIER****16, Rue Saint-Gilbert, LYON — Tél. Vaudrey 24-09.****Construction sur commande de Machines pour toutes les applications de l'Électricité.****Machines pour T.S.F.**

Alternateurs et Transformateurs à fréquence musicale.
 — Génératrices courant continu jusqu'à 10.000 volts. —
 Groupes monoblocs à plusieurs circuits magnétiques.

Machines pour P.T.T.

Groupes de charges pour Centraux Téléphoniques. —
 Groupes convertisseurs divers. — Moteurs synchrones.
 — Commutatrices.

Machines pour Applications Diverses

Moteurs à vitesses lentes depuis 300 tours et Mo-
 teurs à très grandes vitesses jusqu'à 10.000 tours. —
 Transformateurs à tension réglable de zéro à maxima.
 — Génératrices à grande intensité pour électrolyse. —
 Dynamos-freins. — Redresseurs de courant à mercure
 liquide système André LATOUR. — Régulateurs d'in-
 duction. — Groupes d'étalonnage pour compteurs.

Représentants à Paris : Etablissements J. COMMISSAIRE, 9, Rue Sedaine. Tél. Roquette 53-48.**LES****CABLES DE LYON**

MANUFACTURE DE FILS ET CABLES ELECTRIQUES
 DE LA COMPAGNIE GENERALE D'ELECTRICITE S. A. CAP 130 MILLIONS

SIEGE SOCIAL : 54, RUE LA BOETIE, PARIS

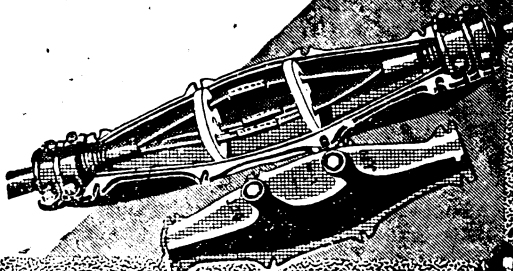
DIRECTION ET BUREAUX A LYON :

418-420, AVENUE JEAN-JAURES

USINES : 41, RUE DU PRE GAUDRY, 41

SUCCURSALE A PARIS :**16, RUE DE LA BAUME, 16 — TELEPHONE : ELYSEES 45-99****AINSI QUE DANS LES PRINCIPALES VILLES DE FRANCE**

**Tous fils et câbles
 électriques isolés
 Accessoires pour
 réseaux souterrains**


SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ
MORS
SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4 MILLIONS**11, Rue Petit, CLICHY (Seine) — Usines à Clichy et à Suresnes****Registre du commerce Seine n° 208.871 B**
INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES
LUMIÈRE — FORCE — TÉLÉPHONIE — SONNERIES

MANUFACTURE DE FILS & CABLES ÉLECTRIQUES

Spécialités de Cordons pour Récepteurs, Combinés, Standards, etc...

Cordons pour T.S.F.

Établissements A. MEUNIER, VERGNAUD & C^{ie}

Société à responsabilité limitée — Capital 200.000 francs

Fournisseur des P.T.T.

BUREAUX ET ATELIERS :

3, Rue Rigaud, 3

LE BOURGET (Seine)

REGISTRE DU COMMERCE :

SEINE n° 221.671

Téléphone : NORD 64-67

Gare : BOURGET-DRANCY

Tramways 52 et 72

INDEX

	Pages
DOCUMENTATION	D 47 D 48 D 49 D 50
BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES P.T.T.	8, 10, 12
Trefleries et laminoirs du Havre	2
Le Matériel Téléphonique	4
Société des Téléphones Ericsson	6
Grammont	9
Compagnie des Téléphones Thomson Houston	11
Société française Gardy	13
Société anonyme Siemens-France	14
La machine à affranchir Havas	14
Ateliers J. Carpentier	15
Librairie de l'Enseignement Technique	16
J. Audibert	16
Société alsacienne de constructions mécaniques	17
Grand Bazar de l'Hôtel-de-Ville	18
Etablissements Gaiffe-Gallot et Pilon	18
Compagnie française des câbles télégraphiques	19
Société anonyme Lidgerwood	21
Société d'Etudes pour liaisons téléphoniques et télégraphi- ques à longue distance	22
Association des ouvriers en instruments de précision	22
Le Carbone	23
Compagnie des Lampes	23
L'éclairage des véhicules sur rail	24
Compagnie générale de télégraphie et de téléphonie	24
Lignes télégraphiques et téléphoniques	25
Société industrielle des Téléphones	27
Ateliers L. Doignon	28
Société Générale	28
Ecole Berlitz	29
Machines électriques spéciales Michel Bonnier	31
Les Câbles de Lyon	31
Société d'électricité Mors	31
Etablissements A. Meunier, Vergnaud et C ^{ie}	32
Ecole spéciale des Travaux publics	III
Société française des Appareils Creed	IV

9^e ANNÉE — N° 12.

DECEMBRE 1929.

PRIX : 6 francs.

gndex

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS
D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3 RUE THÉNARD PARIS. V^e

Prix de l'Abonnement annuel : France..... 60 francs; Etranger.... 100 francs.

Digitized by Google

ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

Revue mensuelle publiée par les soins
d'une commission nommée par
LE MINISTRE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

La commission des *Annales* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs et qui peuvent ne pas refléter la doctrine de l'administration; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

RÉDACTION : 20, RUE LAS CASES, PARIS 7^e.

Téléphone : Ségur 46.43 et 45.59.

Pour tout ce qui concerne les abonnements et la publicité, s'adresser à l'éditeur :

LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE,
3, rue Thénard, Paris 5^e.

TABLE DES MATIÈRES.

Calcul des pylones métalliques, par M. CABANNE, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes	1073
Nouvelle méthode de mesure de la résistance des prises de terre, par P. MOCQUARD, ingénieur des Postes et Télégraphes	1085
La matière fulminante (fin) : caléfaction, énergie, par E. MATHIAS, correspondant de l'Institut, directeur de l'Institut et observatoire du globe du Puy-de-Dôme. . .	1090
Le taxiphone sans bouton, nouvel appareil téléphonique à prépayement	1119
REVUE DES PÉRIODIQUES : Sur des analogies gyroscopiques de l'induction mutuelle et des fuites magnétiques. — Les progrès de l'automatisation du réseau téléphonique de Stockholm	1130
INFORMATIONS : Le service téléphonique dans le département de Seine-et-Oise. — Les nouveaux centraux automatiques ruraux en Grande-Bretagne. — Sujets des compositions écrites au concours d'entrée à la 2 ^e section de l'École professionnelle supérieure des Postes et Télégraphes	1142
BREVETS D'INVENTION :	1147
BIBLIOGRAPHIE	1150
DOCUMENTATION	D. 51

CALCUL DES PYLONES MÉTALLIQUES,

par M. CABANNE,
ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

Les pylônes métalliques, supports de lignes de télécommunication, ont à supporter l'action du vent et de la pesanteur, sur eux-mêmes comme sur les conducteurs et l'armement.

1. Hypothèses administratives. — L'arrêté ministériel du 21 mars 1911 a prescrit de vérifier la résistance des lignes dans les deux hypothèses ci-dessous :

A. Température moyenne de la région combinée avec un vent de 72 kilogrammes par mètre carré de surface diamétrale des pièces cylindriques, ou 120 kilogrammes par mètre carré de surface plane normale à la direction du vent ;

B. Température minimum de la région combinée avec un vent produisant un effort de 18 kilogrammes par mètre carré de surface diamétrale des pièces cylindriques, ou 30 kilogrammes par mètre carré de surface plane normale à la direction du vent.

L'Instruction de l'administration sur la construction des lignes aériennes donne les tensions de pose des conducteurs sans vent. Le tableau de la page suivante, dressé d'après l'abaque de Blondel, donne les tensions correspondant aux deux hypothèses A et B. La température minimum prise est -20° et la température moyenne $+15^{\circ}$.

2. Effort horizontal exercé par un conducteur sur le point d'appui. — Les efforts conjugués du vent et du poids du conducteur produisent la résultante R , d'expression (fig. 1) :

$$R = \sum r = \sqrt{p^2 + v^2} \cdot l = p \cdot \sigma \cdot l,$$

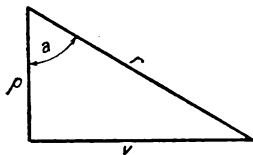


Fig. 1.

inclinée sur la verticale d'un angle α tel que :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v}{p}.$$

Le diagramme funiculaire des forces considéré sur une demi-

TENSIONS CORRESPONDANT AUX HYPOTHÈSES A ET B
POUR LES DIAMÈTRES ET PORTÉES USUELS.

PORTÉE.	DIAMÈTRE du fil.	TENSION dans l'hypothèse A T_A .	TENSION dans l'hypothèse B T_B .
30 mètres	2 ^{mm}	37,5	41,5
	2,5	51,5	64,3
	3	74	92,5
	4	107	163
	5	153	253
40 mètres	2 ^{mm}	43,6	41,8
	2,5	60	64,6
	3	78,5	92
	4	120	161
	5	175	252
50 mètres	2 ^{mm}	49,6	42,5
	2,5	66,6	65,5
	3	89,5	93,5
	4	139	164
	5	196	254
60 mètres	2 ^{mm}	56,3	43,3
	2,5	78,4	66
	3	103	94
	4	157	164
	5	224	254

portée (fig. 2 et 3) conduit à l'égalité :

$$\frac{R}{2} = T \cdot \sin g.$$

L'angle g , projeté sur le plan horizontal, donne l'angle f (fig. 4) tel que :

$$\operatorname{tg} f = \operatorname{tg} g \cdot \sin a.$$

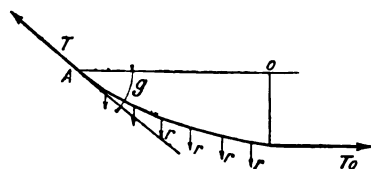


Fig. 2.

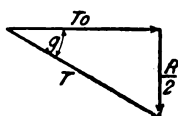


Fig. 3.

Si nous considérons deux portées successives égales, l'effort horizontal Z sur l'appui est d'expression :

$$Z = 2.t.s. \sin \left(\frac{b}{2} + f \right),$$

b étant l'angle complémentaire du tracé (fig. 5).

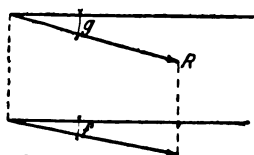


Fig. 4.

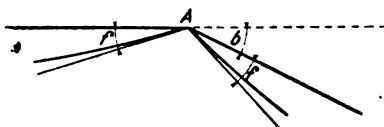


Fig. 5.

Les tableaux ci-dessous donnent les valeurs de Z pour les fils de cuivre aux portées de 30, de 40, de 50, de 60 mètres, et à divers angles.

Valeurs de Z pour le fil de 2mm.

b	30 mètres		40 mètres		50 mètres		60 mètres	
	A	B	A	B	A	B	A	B
0°	4 ^{kz} ,7	1,08	6,1	1,42	7,75	1,62	9,32	1,73
3°	6,7	3,21	8,45	3,6	13,5	3,82	12,3	39,8
5°	8	4,74	9,95	5,2	12	5,36	14,1	5,55
10°	11,2	8,3	13,7	8,75	16,4	9,15	19	9,35
20°	17,6	15,4	21,2	15,9	21,8	14,8	28,4	16,7
30°	23,8	22,5	28,6	23	33	23,4	38	24
45°	32,8	32,8	39	33 3	45	34	50,5	34,6

Valeurs de Z pour le fil de 2^{mm},5.

α	30 mètres		40 mètres		50 mètres		60 mètres	
	A	B	A	B	A	B	A	B
0°	6 kg	1,42	7,8	1,81	9,35	1,97	11,5	2,25
3°	8,65	4,75	10,9	5,15	12,95	5,4	15,7	5,65
5°	10,4	7,07	13,1	7,5	15,3	7,9	18,35	8
10°	14,8	12,6	18,1	13,1	21	13,4	25,2	13,7
20°	23,6	23,8	28,5	24,2	32,2	24,5	38,5	25
30°	32,3	34,7	38,5	35,1	43,2	36	51,8	36,4
45°	44,7	50,7	53	51,2	59	52	70,5	52,5

Valeurs de Z pour le fil de 3^{mm}.

b	30 mètres		40 mètres		50 mètres		60 mètres	
	A	B	A	B	A	B	A	B
0°	7 ^{kg} ,1	1,85	9	2,15	11,1	2,62	14,3	2,63
3°	10,6	3,52	13,1	3,7	15,9	4,3	20,1	4,31
5°	12,9	6,67	15,7	6,85	19	7,46	23,5	7,5
10°	18,9	18	22,5	18,2	26,7	19	32,5	19,2
20°	30,5	34	36	34,4	41,7	35	50	35,2
30°	42	50	49	50	57	50,7	67	51
45°	58,5	72,5	68	72,5	78,5	74	91,5	74,5

Valeurs de Z pour le fil de 4^{mm}.

b	30 mètres		40 mètres		50 mètres		60 mètres	
	A	B	A	B	A	B	A	B
0°	9 ^{kg} ,4	2,28	11,3	3,26	15,4	3,62	18,8	4,27
3°	15	10,7	17,5	11,4	22,5	12,2	25,5	12,8
5°	19,1	16,3	21,8	17,3	27,2	18	31,4	18,7
10°	28,4	30,6	32,4	31,6	39,4	32,2	45,5	32,8
20°	46,5	58,7	53	60	63,5	61	72,5	62
30°	64,5	87	73	87,5	86	88,5	99	90
45°	91	117	102	127	120	128	137	130

Valeurs de Z pour le fil de 5^{mm}.

b	30 mètres		40 mètres		50 mètres		60 mètres	
	A	B	A	B	A	B	A	B
0°	12,25 ^{kg}	2,95	15,05	3,55	19,2	4,4	23,8	5,88
3°	20,2	15,7	24,2	16,2	29,4	17,7	35,8	18,7
5°	25,6	24,8	30,5	25,2	36	26,4	44	27,8
10°	44	46,5	51,5	47,5	53,5	48,2	62,8	50
20°	65	90,5	75,5	91	87	92,5	101	93
30°	91	134	105	134	120	135	148	136
45°	128	196	148	196	167	197	202	198

3. Efforts reportés au sommet du pylône. — *Efforts des fils reportés au sommet.* — Le conducteur situé à la hauteur h au dessus du sol produit un moment de renversement $z.h.$, équivalent à celui qui serait produit par un effort au sommet égal à :

$$\frac{z \cdot h}{H}.$$

H étant la hauteur du pylône au dessus du sol. L'effort au sommet correspondant à l'ensemble des fils est, par suite :

$$Z = \frac{\sum z \cdot h}{H}.$$

Efforts du vent sur l'armement reportés au sommet. — On calculerait l'effort au sommet V_a dans les mêmes conditions que ci-dessus en prenant, pour les efforts du vent sur les isolateurs, dans l'hypothèse A :

1 kg pour le grand modèle,

0^{kg},500 pour le petit modèle.

L'effort du vent sur les traverses qui se présentent en bout paraît devoir être négligé.

Efforts du vent sur le pylône reportés au sommet. — Le vent soufflant normalement à la direction de la ligne agit sur les montants d'avant comme sur les montants d'arrière, et l'on peut admettre que la largeur intéressée est celle de l'aile de la cornière.

Si m_1 est cette largeur pour le tronçon supérieur, l'effort du vent sur les montants de longueur h_1 sera :

$$F_{m_1} = 120 \times 4 m_1 h_1 \text{ kilogrammes.}$$

Pour les croisillons, seuls ceux des faces d'avant et d'arrière sont soumis à l'action du vent. Si leur largeur est q_1 et leur inclinaison sur la verticale φ_1 , l'effort du vent est :

$$F_{c_1} = 120 \times \frac{2 q_1 h}{\cos \varphi_1};$$

d'où, pour l'effort total sur la section 1 :

$$F_{p_1} = F_{m_1} + F_{c_1} = 120 \times 2 \left(2 m_1 + \frac{q_1}{\cos \varphi_1} \right) h_1.$$

Désignant par D_1 et d_1 les bases inférieure et supérieure du trapèze formé par la section considérée, le centre de gravité se trouve à la hauteur h_{p_1} telle que :

$$h_{p_1} = \frac{1}{3} \cdot h_1 \cdot \frac{D_1 + 2 d_1}{D_1 + d_1}.$$

Le moment de l'effort du vent par rapport à D_1 a pour valeur :

$$M_{p_1} = F_{p_1} \times h_{p_1};$$

ce qui donne, pour l'effort au sommet correspondant :

$$F_{s_1} = \frac{M_{p_1}}{h_1}.$$

Pour le report au sommet des efforts dus au vent sur les sections 1 et 2, on déterminerait de la même manière :

$$F_{p_2} = F_{m_2} + F_{c_2},$$

puis,

$$h_{p_2} = \frac{1}{3} h_2 \frac{(D_2 + 2 d_2)}{D_2 + d_2},$$

le moment global :

$$M_{p_{1+2}} = F_{p_1} (h_{p_1} + h_2) + F_{p_2} \cdot h_{p_2},$$

et l'effort au sommet :

$$F_{s_2} = \frac{M_{p_{1+2}}}{h_1 + h_2}.$$

Identiquement, on aurait, pour la section n :

$$F_{s_n} = \frac{F_{p_1} \cdot (h_{p_1} + h_2 + h_3 + \dots h_n) + F_{p_2} (h_{p_2} + h_3 + \dots h_n)}{h_1 + h_2 + \dots + h_n}.$$

4. Calcul des montants (fig. 6). — Les deux montants d'avant travaillent à l'extension, tandis que les montants d'arrière travaillent à la compression. Les forces verticales extérieures au pylône étant nulles (le poids des fils étant momentanément négligé),

$$F_1 = F_2.$$

L'égalité des moments des forces extérieures appliquées au solide hors du sol donne :

$$M = 0,$$

c'est-à-dire, en désignant par a , la distance des centres de gravité des fers en cornière d'avant à ceux de derrière.

$$Fh = F_1 \frac{a}{2} + F_2 \frac{a}{2} = F_1 a = F_2 a,$$

$$F_1 = F_2 = F \frac{h}{a}.$$

Comme

$$F = Z + V_a + F_s.$$

la contrainte sur une des deux cornières d'avant ou d'arrière est :

$$f_1 = \frac{F_1}{2s} = \frac{F_2}{2s} = (Z + V_a + F_s) \frac{h}{2as},$$

s étant la section de la cornière.

Pour avoir la contrainte totale dans les montants comprimés, il convient d'ajouter à f_1 la contrainte venant du poids de l'ouvrage au dessus de la section considérée, celui des fils et de l'armement. Si f_2 est cette contrainte, on a, pour la contrainte totale :

$$f = f_1 + f_2.$$

Vérification au flambage. — Cette vérification s'effectue à l'aide de la formule de Résal :

$$f' = f \left(1 + \frac{k \cdot l^2 \cdot s}{m \cdot I} \right),$$

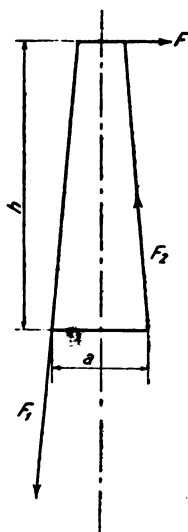


Fig. 6.

dans laquelle $k = 1,1$ et $m = 4$, puisque les deux extrémités de la cornière, aux emplacements des rivets, doivent être considérés comme encastrés aux tronçons voisins. Le moment d'inertie I est le moment d'inertie minimum relatif à la section ; il est exprimé en cm^4 ; l est la longueur libre du moment exprimée en mètres. Le tableau ci-dessous renferme les valeurs de I minimum en cm^4 et s en cm^2 pour les fers courants :

TYPES DE CORNIÈRE.	I MINIMUM.	s .
(4) $4^{\text{cm}} \times 4^{\text{cm}} \times 0^{\text{cm}},4$	$1^{\text{cm}^4},86$	$3^{\text{cm}^2},08$
(4,5) $4,5 \times 4,5 \times 0,50$	3,25	3,47
(5) $5 \times 5 \times 0,5$	4,59	4,75
(5,5) $5,5 \times 5,5 \times 0,60$	6,72	5,78
(6) $6 \times 6 \times 0,6$	9,43	6,91
(7) $7 \times 7 \times 0,7$	17,7	9,40
(8) $8 \times 8 \times 0,8$	29,6	12,30
(9) $9 \times 9 \times 0,9$	47,7	15,50
(10) $10 \times 10 \times 1$	73	19,20

5. Calcul des croisillons (fig. 7). — Les croisillons ont à supporter l'effort perpendiculaire au pylône, appelé effort tranchant T . Il comprend l'effort au sommet Z et l'effort du vent sur la partie supérieure de l'ouvrage :

$$T = Z + 210 \left(2m + \frac{q}{\cos \varphi} \right) h.$$

Les croisillons travaillent soit à l'extension (2), soit à la compression (1). L'expression de la contrainte correspondante est, par croisillon :

$$f = \frac{T}{2s \cos \varphi},$$

s étant la section d'un croisillon.

On vérifie au flambage suivant cet effort de compression. Le coefficient m sera pris égal à l'unité, les extrémités étant considérées comme articulées.

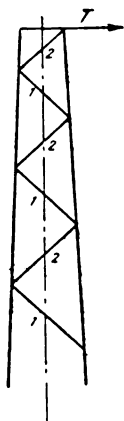


Fig. 7.

6. Calcul des rivets. — L'effort de cisaillement aux rivets, dû à la traction comme à la compression, ressort à :

$$\frac{T}{2 \cos \varphi},$$

donnant une contrainte unitaire :

$$C = \frac{T}{2s \cos \varphi},$$

s étant la section du rivet.

7. Exemple d'application. — Soit à vérifier un pylône répondant aux cotes et sollicitations générales suivantes :

Effort au sommet dû aux conducteurs et à l'armement.	600 kg
Coefficient de sécurité	3
Encombrement à l'encastrement.....	0 ^m ,80
Encombrement au sommet...	0 ^m ,30
Hauteur hors du sol.....	13 ^m ,50
Encastrement	2 ^m
Hauteur totale.....	15 ^m ,50

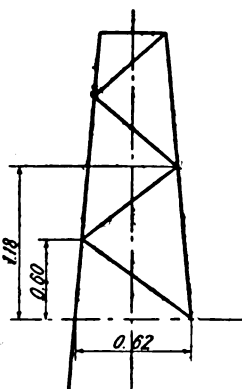


Fig. 8.

De l'encastrement à 6 ^m du sol, les montants sont en cornières de.....	6 ^{cm} × 6 ^{cm} × 0 ^{cm} ,6
et les croisillons de.....	5 ^{cm} × 5 ^{cm} × 0 ^{cm} ,5
Au dessus de 6 ^m du sol, les montants sont en.	5 ^{cm} × 5 ^{cm} × 0 ^{cm} ,5
et les croisillons en.....	4 ^{cm} × 4 ^{cm} × 0 ^{cm} ,4.

A. PREMIER TRONÇON AU DESSUS DE 6 MÈTRES DU SOL (fig. 8).
— En supposant que

$$\varphi = 45^\circ, \quad \cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{2}},$$

on a :

$$F_{p.1} = 120 \times 2 (2 \times 0,05 + 0,04 \sqrt{2}) \times 7,5 = 282 \text{ kilogrammes,}$$

$$h_{p.1} = \frac{1}{3} \cdot 7,5 \frac{0,62 + 0,3 \times 2}{0,62 + 0,3} = 3^m,34 ;$$

d'où le moment de renversement dû au vent :

$$M_{p,1} = 282 \times 3,34 = 938 \text{ kgm},$$

auquel correspond l'effort au sommet :

$$F_{s,1} = \frac{938}{7,5} = 125 \text{ kilogrammes.}$$

L'effort total à considérer pour la section supérieure devient, reporté au sommet :

$$F_1 = Z + Va + F_{s,1} = 600 + 125 = 725 \text{ kilogrammes.}$$

Montants. — La contrainte due au moment de renversement est :

$$f_1 = \frac{F_1 h_1}{2as} = \frac{725 \times 7,50}{2 \times 4,03 \times 0,570} = 1,180 \text{ kg/cm}^2.$$

La section *s* du fer en cornière, $4\text{cm}^2,75$ est à diminuer de $0\text{cm}^2,72$ pour tenir compte du trou des rivets :

$$4,75 - 0,72 = 4\text{cm}^2,03.$$

La distance des centres de gravité des cornières est de $0\text{m},57$.

La contrainte due au poids de la partie supérieure du pylône, des fils et de l'armement s'établit à :

$$f_2 = \frac{F}{S} = \frac{400 + 120}{4 \times 4,03} = 37 \text{ kg/cm}^2.$$

Il en résulte, pour la contrainte totale :

$$f = f_1 + f_2 = 1180 + 37 = 1217 \text{ kg/cm}^2.$$

La vérification au flambage donne :

$$f' = 1217 \cdot \frac{1 + 1,1 \times \overline{0,60^2} \times 4,75}{4 \times 4,59} = 1217 \times 1,124 = 1366 \text{ kg/cm}^2,$$

ce qui réserve un coefficient de sécurité de :

$$\frac{4500}{1366} = 3,30.$$

Croisillons. — L'effort tranchant *T* est :

$$T = Z + Va + F_{p1} = 600 + 282 = 882 \text{ kilogrammes;}$$

d'où la contrainte :

$$f = \frac{T}{2s \cos \varphi} = \frac{882}{2 \times 3,08 \times 0,71} = 207 \text{ kg/cm}^2,$$

qui, vérifiée au flambage, donne :

$$f' = 207 \times \left(1 + \frac{1.1 \times \overline{0.85^2} \times 3.04}{1 \times 1.86} \right) = 480 \text{ kg/cm}^2.$$

Rivets. — Les rivets sont de 10 millimètres ; leur section, de $0\text{cm}^2,785$; d'où la contrainte :

$$c = \frac{T}{2s \cos \varphi} = \frac{882}{2 \times 0,785 \times 0,71} = 793 \text{ kg/cm}^2.$$

Le coefficient de sécurité est de :

$$\frac{4500}{793} = 5,7.$$

B. DEUXIÈME TRONÇON, DE L'ENCASTREMENT A 6 MÈTRES DU SOL. — On a successivement :

$$F_{p_2} = 120 \times 2 (2 \times 0,06 + 0,05 \sqrt{2}) \times 6 = 273 \text{ kilogrammes},$$

$$h_{p_2} = \frac{1}{3} \cdot 6 \frac{0,80 + 0,62 \times 2}{0,8 + 0,62} = 2^m,87;$$

d'où résulte le moment de renversement par rapport à la base :

$$M_{p_{1.2}} = F_{p_1} (h_{p_1} + H_2) + F_{p_2} \times h_{p_2},$$

c'est-à-dire :

$$M_{p_{1.2}} = 282 (3,34 + 6) + 273 \times 2,87 = 3.415 \text{ kg/m},$$

correspondant à l'effort au sommet :

$$F_{s_2} = \frac{3415}{13,50} = 253 \text{ kilogrammes}.$$

L'effort total au sommet à envisager pour l'ensemble du pylône est :

$$F_2 = Z + Va + F_{s_2} = 600 + 253 = 853 \text{ kilogrammes},$$

Montants. — La section utile est, trous de rivets réduits :

$$S = 6,90 - 0,90 = 6 \text{ cm}^2;$$

et la distance entre centres de gravité des cornières :

$$a = 0,73;$$

d'où :

$$f_1 = \frac{f_2 \cdot h}{2as} = \frac{853 \times 13,50}{2 \times 0,73 \times 6} = 1.310 \text{ kilogrammes}.$$

La contrainte due au poids de l'ouvrage et aux fils est :

$$f_2 = \frac{850}{4 \times 6} = 35 \text{ kg/cm};$$

d'où la contrainte totale :

$$f = f_1 + f_2 = 1.345 \text{ kg/cm},$$

qui, vérifiée au flambage, donne :

$$f' = 1.345 \left(1 + \frac{1,1 \times \overline{0,8^2} \times 6,90}{4 \times 9,43} \right) = 1515 \text{ kg/cm},$$

faisant ressortir un coefficient de sécurité :

$$\frac{4.500}{1.515} = 3$$

Croisillons. — L'effort tranchant est :

$$T = Z + Va + F_{p1} + F_{p2} = 600 + 282 + 273 = 1155 \text{ kilogrammes},$$

donnant une contrainte de :

$$f = \frac{T}{2s \cos \varphi} = \frac{1155}{2 \times 4,8 \times 0,7} = 175 \text{ kg/cm}^2;$$

en vérifiant au flambage :

$$f' = 175 \left(1 + \frac{1,1 \times \overline{1,1^2} \times 4,8}{1 \times 4,59} \right) = 420 \text{ kg/cm}^2.$$

Rivets. — En 12 millimètres de diamètre, leur section est de $1\text{cm}^2,13$; d'où la contrainte :

$$C = \frac{T}{2s \cos \varphi} = \frac{1155}{2 \times 1,13 \times 0,7} = 730 \text{ kg/cm}^2,$$

et le coefficient de sécurité :

$$\frac{4500}{730} = 6,2.$$

Nouvelle méthode de mesure de la RÉSISTANCE DES PRISES DE TERRE,

par P. MOCQUARD,
ingénieur des Postes et Télégraphes.

Différents procédés en usage. — 1° Le procédé de mesure de la résistance des prises de terre le plus connu est celui qu'on désigne sous le nom de *procédé des trois terres*. Soit à mesurer la résistance d'une terre X (fig. 1) ; on prend deux terres auxiliaires Y et Z . On mesure successivement :

$$X + Y = R_1,$$

$$Y + Z = R_2,$$

$$Z + X = R_3.$$

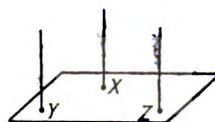


Fig. 1.

De ces trois mesures, on déduit :

$$X = \frac{R_1 + R_3 - R_2}{2}.$$

On peut effectuer ces mesures en courant continu ; mais les forces électromotrices de polarisation et les courants telluriques inter-

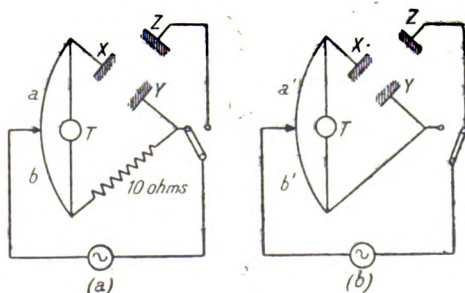


Fig. 2.

viennent pour fausser le résultat des mesures et obligent à prendre des précautions particulières qui compliquent la méthode. Il est

donc préférable d'opérer en courant alternatif. Quoi qu'il en soit, ce procédé exige trois mesures et un calcul.

2° L'administration allemande des Postes utilise le procédé suivant. On prend deux terres auxiliaires Y et Z et, à l'aide d'un pont de mesure en courant alternatif, on effectue une première mesure selon le schéma de la figure 2-a. La condition d'équilibre est :

$$10 a = (X + Y) b,$$

d'où :

$$X + Y = 10 \frac{a}{b} = S. \quad (1)$$

On fait ensuite une seconde mesure selon le schéma de la figure 2- b. La condition d'équilibre est alors :

$$a' Y = b' X,$$

d'où, en tenant compte de (1) :

$$X = \frac{a'}{b'} (S - X),$$

d'où :

$$X = \frac{a'}{b'} \frac{S}{1 + \frac{a'}{b'}}.$$

Ce procédé exige donc deux mesures et un calcul qu'on effectue à l'aide d'abaques.

3° La maison Siemens a construit récemment ⁽¹⁾ un appareil qui permet d'obtenir directement, au moyen d'une seule mesure, la résistance de la prise de terre cherchée. Le principe de cet appareil est le même que celui de la méthode que nous avons mise au point et que nous allons exposer.

Principe de la nouvelle méthode. — Considérons le montage de la figure 3, où E désigne une source de courant alternatif, t un transformateur de rapport 1/1 connecté de telle façon que les courants dans chacun des enroulements aient le sens indiqué par

1. Voy. *The Electrician*, 18 mars 1927.

les flèches, R une résistance réglable, T un téléphone, et X , Y , Z trois résistances.

Supposons qu'on ait réglé R de telle façon qu'il ne passe aucun courant dans le téléphone ; on a alors :

$$R i_2 = X i_1, \quad (2)$$

puisque les points 2 et 3 sont au même potentiel.

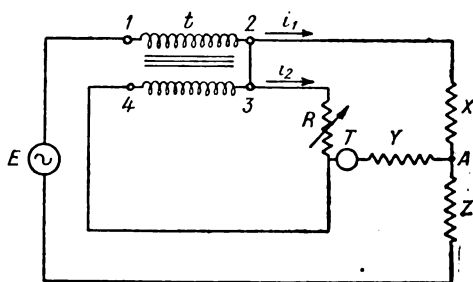


Fig. 3.

D'autre part, en désignant par r et L la résistance effective et l'inductance de chacun des enroulements du transformateur t , par M leur inductance mutuelle et par ω la pulsation du courant alternatif, on a l'équation :

$$0 = -j\omega M i_1 + (r + R + j\omega L) i_2.$$

En négligeant les fuites du transformateur t ($M = L$), il vient :

$$\frac{i_2}{i_1} = \frac{j\omega L}{r + R + j\omega L},$$

d'où, en tenant compte de l'équation (2) :

$$\frac{X}{R} = \frac{j\omega L}{r + R + j\omega L}. \quad (3)$$

Si $r + R$ est beaucoup plus petit que L , nous aurons très sensiblement :

$$X = R, \quad i_1 = i. \quad (4)$$

L'application à la mesure des résistances de terre est immédiate. Le point A représentant la terre, X est la prise de terre à mesurer,

Y et Z deux prises de terre auxillaires dont les résistances n'interviennent pas dans la mesure.

Réalisation de l'appareil. — On s'est attaché à réaliser cet appareil avec du matériel administratif. Comme source de courant alternatif, on a adopté un vibreur constitué par une bobine d'induction à trembleur n° 260-1. Comme transformateur t , on a pris une toroïdale Western montée comme l'indique la figure 4. Comme résistances R , une boîte à manettes Carpentier de 11.110 ohms, et comme téléphone T un récepteur Bell.

Dans ces conditions, on n'obtient pas un silence parfait, mais un minimum de son très facile à apprécier (1). Avec l'appareil ainsi construit, la relation : $X = R$ est valable à moins d'un ohm près, pour toutes les valeurs de X inférieures à environ 200 ohms, ce qui

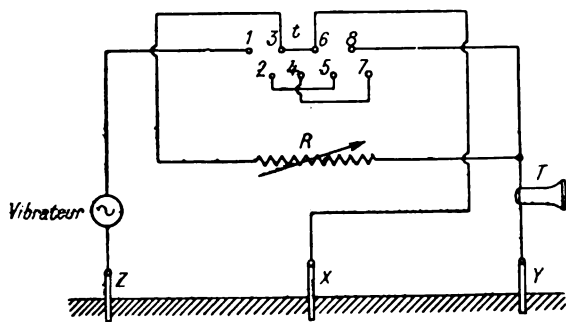


Fig. 4.

est le cas général pour les résistances de prises de terre. Pour les valeurs supérieures, la condition $X = R$ n'est plus remplie exactement ; mais la méthode suffit cependant pour déterminer l'ordre de grandeur de X et reconnaître que la prise de terre est défectueuse.

1. On peut d'ailleurs améliorer beaucoup la qualité du silence, dans le cas où la fréquence de la source de courant alternatif est suffisamment pure, en disposant aux bornes 3-4 (fig. 3), en dérivation sur le secondaire du transformateur t , un condensateur en accord avec l'inductance de cet enroulement : environ 20 millièmes de microfarad pour deux enroulements de toroïdale à 800 p.p.s.

Les différents organes constituant l'appareil, montés selon le schéma de la figure 4, ont été réunis dans une boîte portative ayant comme dimensions d'encombrement $357 \times 332 \times 166$ mm et pesant environ 9 kilos. Ces dimensions et ce poids pourraient être sensiblement réduits dans un appareil construit spécialement, en adoptant un vibreur plus petit, un récepteur montre et une boîte de résistance ne dépassant pas 500 ohms.

Il faut en outre prévoir, pour les prises de terre auxiliaires Y et Z, deux fiches qui doivent être enfoncées au moins à une dizaine de mètres de la terre à mesurer X.

Remarque. — Dans l'appareil Siemens, établi spécialement pour la mesure des résistances de mise à la terre des pylones de lignes d'énergie, on utilise, comme source de courant alternatif, une magnéto actionnée à la main et, comme appareil indicateur de zéro, un électro-dynamomètre.

Résultats de mesures. — On a effectué avec cet appareil, sans aucune difficulté, quelques mesures de résistances de prises de terre ; en particulier :

terre du laboratoire du Service d'études : 2 ohms,

terre de la guérite de St-Cyr : 2 ohms,

terre d'une installation d'abonné de Boulogne : 6 ohms.

LA MATIÈRE FULMINANTE :

(fin) ⁽¹⁾

caléfaction, énergie,

par E. MATHIAS,

correspondant de l'Institut,
directeur de l'Institut et Observatoire de physique
du globe du puy de Dôme.

RÉSUMÉ. — Ce dernier mémoire sur La matière fulminante se compose de deux chapitres.

Le chapitre I^{er} traite des phénomènes de caléfaction et pose la question : la matière fulminante est-elle chaude ou froide ? L'étude des globes « chauds » et des globes « froids » est l'occasion de discuter en détail des observations bien faites, fort intéressantes quant à leurs conséquences.

Le chapitre II, d'un assez fort développement, étudie l'énergie de la matière fulminante par centimètre cube et par gramme, ainsi que les effets mécaniques auxquels cette énergie donne naissance et qui déterminent les curieux paragraphes consacrés, l'un aux globes excavateurs, l'autre aux trous de foudre ou fulgurites. Un court paragraphe sur l'énergie sonore termine cette étude.

I. CALÉFACTION.

LA MATIÈRE FULMINANTE EST-ELLE

« CHAUDE » OU « FROIDE » ?

1. Phénomènes de caléfaction montrés par la matière fulminante. — Quand on met un liquide dans un vase métallique ou sur une plaque métallique bien horizontale, l'un ou l'autre porté à l'incandescence, il y a caléfaction. Il n'y a pas contact entre le liquide et la paroi incandescente, le liquide affectant la forme d'un globule à base plane, qui repose sur un matelas de sa propre vapeur, lequel forme écran contre le rayonnement de la paroi chaude. Dans la pratique, ce matelas isolant se trouve à tout instant en de certains

1. Cet article fait suite aux quatre mémoires du même auteur qui ont paru précédemment dans les *Annales*, en novembre 1927, juillet 1928, août et octobre 1929.

points, par où se produit un contact direct du liquide et de la paroi incandescente ; le phénomène cesse aussitôt par la vaporisation explosive de la goutte de liquide entrée en contact avec la paroi chaude. La même chose se reproduit aussitôt après en d'autres points, en sorte que le liquide caléfié n'est pas en repos sur son lit de vapeur, mais au contraire agité de mouvements désordonnés pour lesquels aucune direction parallèle à la paroi chauffée n'est favorisée.

Dans les exemples qui vont suivre, les rôles sont renversés ; c'est un fluide (matière fulminante) qui est incandescent, tandis que la paroi qui le supporte est froide ; au point de vue relatif, le phénomène est le même.

a) Le professeur Canestrini traduisait ainsi un récit de John Forinby ⁽¹⁾ :

Le 7 octobre 1876, vers 3 heures du soir, j'étais à bord d'un petit vapeur dans le port de Sydney, pendant une tempête, quand tout à coup nous vîmes tomber sur le pont un globe de feu, du diamètre d'environ 8^{cm} et de couleur jaune vif. Nous le vîmes rouler lentement pendant 3 à 4 mètres, et il s'échappa sous la terte, où il détona au milieu de quelques personnes. J'étais à côté avec deux amis ; nous courûmes voir s'il était arrivé quelque malheur, mais personne n'avait été frappé et nous ne pûmes constater aucune trace de son passage.

Le pont du pyroscaphe était humide là où tomba le globe, et sec là où il détona. Au même instant, il se produisit un grand tonnerre.

Il y a eu caléfaction là où tomba le globe, parce que le pont du navire y était recouvert d'une couche mince d'eau, *qui y est restée* ; quand le globe a détoné, la matière fulminante incandescente s'est transformée en gaz très chauds, qui ont séché immédiatement la partie du pont avec laquelle ils étaient en contact.

b) Le 24 septembre 1772,

...dans la ville de Besançon, dans un orage, on vit manifestement tomber une foudre en forme de globe de feu, lequel globe traversa un magasin, un hôpital et beaucoup de fabriques intermédiaires. Il fit peu de dégâts, n'offensa personne, bien qu'ayant parcouru tout l'hôpital et une salle pleine de petits enfants et de nourrices. A la fin, il alla se précipiter dans la rivière du Doubs, dans laquelle, en tombant, *il fit soulever l'eau à la hauteur de beaucoup de pieds* et PARCOURUT (ceci mérite une singulière réflexion) SOUS L'EAU UN ESPACE DE BEAUCOUP DE

1. EUGENIO CANESTRINI, professeur au lycée royal de Catane. *Fulmini e Parafulmini* ; 1888, p. 63-64. Cité par GALLI, *I principali caratteri*, etc..., loc. cit., § 11, p. 24-25.

PERCHES, et beaucoup de poissons vinrent à la surface étourdis. Si ce globe avait été un feu véritablement électrique, il se serait dissipé au contact de l'eau du fleuve ; mais, ayant couru un grand nombre de perches sous l'eau, il a l'apparence d'un feu grégeois, ou d'une autre composition semblable de matières combustibles, qui brûlent même sous l'eau ⁽¹⁾.

Le premier contact de l'eau et de la matière fulminante a produit une vaporisation intense, qui a « soulevé l'eau à la hauteur de beaucoup de pieds ». Par la course prolongée du globe dans le Doubs, le phénomène de caléfaction est bien prouvé. En perdant progressivement sa charge électrique dans l'eau, le globe a étourdi les poissons.

c) Le 21 avril 1901, à Lauxade, près de Bergerac, il tonnait fortement depuis plusieurs heures déjà, quand soudain une boule de feu de la grosseur de l'ouverture d'un sac de blé est tombée assez lentement au bord de la Gironde, endommageant plusieurs arbres fruitiers, puis A TRAVERSÉ LE FLEUVE ENTRE DEUX EAUX, *provoquant une gerbe de plusieurs mètres sur son parcours*. La boule de feu s'est perdue presque aussitôt dans les sillons d'un champ de blé.

Il est fort étrange que le globe électrique ne se soit pas « noyé » dans le fleuve qui, par son excellente conductibilité, semblait devoir retenir l'audacieux vagabond ⁽²⁾. Le cas de ce globe, qui entre lumineux dans la Gironde et en sort de même sans s'être « noyé » dans le fleuve malgré sa conductibilité électrique, est un exemple éclatant de caléfaction. La gerbe de plusieurs mètres soulevée en tous les points de son parcours montre que la couche de vapeur d'eau isolante était trouée par endroits, l'explosion de la vapeur d'eau produite instantanément projetant l'eau du fleuve à plusieurs mètres de hauteur. Il y a d'ailleurs un parallélisme parfait de phénomènes entre l'exemple b) de Besançon et l'exemple c) de Lauxade.

Le professeur Galli ⁽³⁾, qui étudie aussi ce dernier exemple, remarque un peu naïvement « qu'il n'est pas dit que sa lumière se

1. Le récit est pris dans le *Giornale enciclopédico* de décembre 1772. I. GALLI, *Gli effetti meccanici*, etc..., loc. cit., § 14, p. 36-37.

2. CAMILLE FLAMMARION, loc. cit., p. 104.

3. I. GALLI, *Gli effetti meccanici*, etc., loc. cit., § 14, p. 37-38.

voyait aussi dans l'eau ». Il eût fallu pour le certifier un observateur placé au bon moment sur les bords de la Gironde dans la section droite du fleuve où se mouvait le globe fulminant. Une observation semblable est rapportée toutefois par Weber (*Das Wetter*, t. 13, p. 167, 1896) : « Un éclair en boule sauta dans la mer, et aurait resplendi encore à 6 ou 8 reprises sous l'eau » (1). Pour ce qui est de la vision intermittente du globe précédant dans l'eau de la mer, elle s'explique suffisamment par le passage périodique des vagues et le phénomène de la réflexion totale, la source de lumière étant ici placée dans le milieu dense et l'observateur dans le milieu le moins dense.

Les phénomènes présentés par le globe de Lauxade n'offrent donc rien de mystérieux. Il suffira d'ajouter un dernier mot. À force de subir avec l'eau de la Gironde, bonne conductrice de l'électricité, des contacts répétés, le globe s'est désélectrisé à peu près totalement. En arrivant dans les sillons d'un champ de blé, sa matière fulminante a achevé de se décharger complètement et elle s'est évanouie en fusant.

d) La nuit du 29 au 30 juillet 1890, un peu avant l'aube, M. W. de Harmrode entendit deux tonnerres à court intervalle. Il descendit du lit, ouvrit la fenêtre et tomba renversé par l'explosion d'une foudre. Il se releva aussitôt, regarda dans la cour, et à peu de pas de la pile de bois à brûler vit une petite boule de feu. Il y courut, et tenta de l'éteindre avec un seau plein de fumier liquide. Mais alors, des rayons fulminants crachèrent en tous sens, le seau fut mis en morceaux et la maison prit feu (2). La relation ne parle pas d'offense à cet homme intrépide.

A cause des phénomènes de caléfaction, le fumier liquide n'a pu que glisser, en l'effleurant seulement, à la surface de la matière fulminante incandescente. Le refroidissement résultant de ce contact imparfait a cependant été suffisant pour déterminer l'explosion du petit globe de feu, qui a mis le seau en morceaux et le feu à la maison. Au commencement, M. de Harmrode a été renversé par une explo-

1. C. DE JANS, Coup d'œil rétrospectif, etc. *loc. cit.*, p. 44, Note 6.

2. *Das Wetter*, août 1890. Cité par GALLI, *Supplemento alla Storia*, etc..., *loc. cit.*, § 13, p. 46-47.

sion partielle provoquée, comme d'habitude, par des *hétérogénéités thermiques*, tandis que l'explosion finale l'a épargné.

e) Un violent orage venait de s'abattre sur la commune de Beugnon (Deux-Sèvres). Je me trouvais dans une ferme, en même temps que deux enfants de 12 à 13 ans. Ces derniers étaient à l'abri sous une porte de l'étable contenant 25 bêtes à cornes. Devant eux, une cour en pente s'étendait à une vingtaine de mètres, jusqu'à une grande mare où était un peuplier. Soudain, une *boule de feu* de la grosseur d'une pomme apparait au sommet du peuplier. Nous la voyons descendre de branche en branche et suivre le tronc. Elle roule sur le sol de la cour *très lentement, semblant chercher son chemin parmi les flaques d'eau*; elle arriva ainsi à la porte sous laquelle se trouvaient les enfants. L'un d'eux eut le courage de la toucher avec son pied; aussitôt une détonation épouvantable ébranla les murs de la ferme, les deux enfants sont jetés à terre, sans aucune blessure, mais onze pièces de bétail sont tuées à l'étable (1).

L'indifférence de la foudre globulaire pour les flaques d'eau est une conséquence immédiate des phénomènes de caléfaction.

2. Effets singuliers, analogues aux phénomènes de caléfaction, et qui, comme eux, sont au fond des phénomènes de capillarité. — a) En juillet 1783, à Campo Sampiero Castello (Padouan), la foudre frappe un bâtiment plein de foin qui avait des croisées garnies de vitres, et *fond les vitres sans mettre le feu au foin* (FLAMMARION, *loc. cit.*, p. 254).

b) Le 4 juillet 1904, à Aubagne (B.-du-Rhône), la foudre est tombée sur une maison de campagne, a embrasé des tas de luzerne, a enlevé une lampe à pétrole de sa suspension et répandu le pétrole *sans y mettre le feu* (FLAMMARION, *loc. cit.*, p. 275).

c) Au mois d'août 1883, à Châteauneuf-d'Isère, elle est descendue par la cheminée, a brisé l'horloge, est passée entre les époux Perdriol couchés dans leur lit, et a dépaillé complètement une chaise *sans roussir un seul brin de paille* (FLAMMARION, *loc. cit.*, p. 275).

d) En avril 1811, à Cheltenham, le globe fulminant tomba verticalement sur un tas de foin compact et, sans l'incendier, y creusa un grand trou infundibuliforme en produisant dans la terre une fulgurite profonde de plusieurs pieds (Howard) (Cité par GALLI, *Della protezione offerta, etc., loc. cit.*, § 38, p. 47).

1. Association française pour l'avancement des Sciences.

e) Le 5 juillet 1883, un globe ovale, couleur d'or, long d'environ 50^{cm}, passe par l'étroite fissure d'une porte fermée, et M. Hildebrandsors n'y put découvrir aucune trace de feu (1).

Il est inutile de multiplier indéfiniment les exemples. On nous permettra de remarquer cependant que tous ces exemples ne sont pas également probants. Ainsi, dans celui d'Aubagne, un remous produit par la décomposition de la matière fulminante peut avoir soulevé la lampe à pétrole, l'avoir projetée sur le plancher en répandant le pétrole, lequel n'avait pas à s'enflammer puisqu'il n'y avait pas de flamme au contact. D'ailleurs, du pétrole bien rectifié s'enflamme difficilement et une allumette enflammée qu'on jette dessus s'y éteint. Donc cet exemple ne prouve rien. Il n'est pas le seul de son espèce.

Dans les autres exemples, le foin et la cellulose du bois et de la paille ont été isolés de la matière fulminante par une mince couche de vapeur d'eau qui s'est montrée efficace parce que la *caléfaction* a joué pendant un temps très court.

Voici maintenant des exemples d'un genre différent :

f) On connaît plusieurs cas où la foudre a frappé un fusil chargé, *fondant les balles* et une partie du canon *sans mettre le feu à la poudre* (FLAMMARION, *loc. cit.*, p. 276).

Les magasins à poudre sont fréquemment atteints par le tonnerre, et leur foudroiement est un sujet de remarques fort intéressantes ; ils sont parfois épargnés, malgré les masses de matières explosives qu'ils renferment. Voici un exemple.

Le 5 novembre 1755, la foudre tomba près de Rouen sur le magasin à poudre de Maromme, fendit une des poutres du toit, réduisit en petites parcelles deux tonneaux remplis de poudre *sans y mettre le feu*. Le magasin renfermait huit cents de ces tonnes.

Remarque.— Les forces capillaires, quand elles sont très grandes, s'opposent à toutes les autres forces extérieures, physiques ou chimiques. C'est ainsi qu'on s'explique que des gouttelettes d'eau très

fines, de $\frac{1}{100}$ de millimètre de diamètre, par exemple, peuvent tra-

1. *La Nature*, 1884, 1^{er} semestre. p. 302.

verser de l'acide sulfurique concentré sans être absorbées. La pression moléculaire de Laplace est alors :

$$p = \frac{2A}{R},$$

$$A = 80 \frac{\text{dynes}}{\text{cm}},$$

$$R = \frac{1}{2000} \text{ cm};$$

il vient donc : $p = 320\,000 \frac{\text{dynes}}{\text{cm}^2} = 0,32 \text{ atmosphère.}$

3. Les phénomènes de caléfaction rendent inefficaces les procédés de destruction à distance des foudres globulaires qui ne reposent pas sur le choc. — De tels procédés avaient été imaginés par nous à l'origine de nos recherches :

Comment, dans l'hypothèse d'une boule de petit diamètre, pourrait-on se débarrasser à distance d'un météore aussi dangereux et aussi capricieux ?

La réponse théorique est simple : il faut, à distance, faire exploser la matière fulminante du tonnerre en boule avant qu'elle ne soit suffisamment refroidie pour exploser spontanément.

Il y a un moyen sûr : c'est de *refroidir* l'éclair sphérique avec un seau d'eau, ou une lance d'arrosage, ou un siphon soit ordinaire, soit mieux à gaz liquéfié... Il est bien évident qu'il arrivera rarement d'avoir sous la main un jet d'eau, ou un seau d'eau, ou un siphon d'eau de Seltz lorsqu'un éclair en boule se produira à proximité de l'observateur. Il n'en est pas moins vrai qu'il y a quelque intérêt à se demander quels sont les moyens de défense possibles contre le phénomène du tonnerre en boule. Tant que l'on n'a pas su en quoi il consistait, la question était presque oiseuse. Maintenant, c'est un moyen d'épreuve de la théorie qui vient d'être exposée et qui, expliquant simplement de nombreux phénomènes incompris jusqu'ici, doit contenir tout au moins une large part de vérité (*).

Les procédés qu'on vient de voir paraîtront puérils à l'heure présente. A l'origine, ils valaient mieux que rien. On peut leur reprocher d'être inopérants du fait de la caléfaction, d'opérer à trop petite distance et, à cause de cela, d'être dangereux pour celui qui les emploie, comme le montrent surabondamment les exemples d) et e) du § 11.

1. *Traité d'électricité atmosphérique et tellurique*, supplément n° 3, § 11, p. 558.

4. La matière fulminante est-elle chaude ou froide ? —

De toute évidence, la matière fulminante est incandescente. On n'en saurait douter un instant après avoir lu la série de nos mémoires sur la foudre. C'est donc avec une extrême surprise qu'en parcourant la littérature scientifique on voit, sous la signature d'un savant d'une immense érudition, des affirmations comme celle-ci : « Parfois, les éclairs en boule rayonnent une chaleur sensible ; parfois, au contraire, aucune ; il n'est pas rare qu'ils roussissent, noircissent ou enflamment des corps combustibles avec lesquels ils viennent en contact... » (1). A cause de cela, dans ce qui suit, nous appellerons globes « chauds » ceux qui rayonnent une chaleur sensible, et globes « froids » ceux qui paraissent ne rayonner que peu ou pas de chaleur.

5. Globes « chauds ». — Voici trois exemples :

a) Vers 6^h de l'après-midi du 17 août 1867, pendant qu'à Rome il éclairait et pleuvait diluviennement, le fermier des sœurs de sainte Dorothée, sur le Janicule, vit un globe de feu passer entre les barres de fer de la grille qui ferme l'extrémité postérieure dans le fond du jardin et parcourir, à petite distance du sol, toute l'allée longue de 90 mètres, bordée de murs recouverts de plantes. Arrivé dans la cour, carré de 14 mètres de côté, le globe éclata horriblement à environ 5 mètres d'une statue de marbre de la Vierge, placée presque au centre. L'explosion dut se produire avec un grand épanchement de flammes par ce que, non seulement la cour, mais tout le vaste édifice jusqu'à la façade extérieure semblèrent envahis par un colossal incendie. M^{me} Paolo Frassinetti, fondatrice des sœurs Dorothée, qui fermait la fenêtre d'une façade éloignée et opposée à la cour, écrivait peu de jours après : « J'ai vu un grand feu, j'ai senti la chaleur, mais je n'eus pas peur. » La sœur Elisabeth Tiberi, qui, au rez-de-chaussée, était près d'une large porte ouverte en face le point d'explosion, assura au professeur Galli que *le globe avait le diamètre d'environ un mètre, qu'il ne diffusait pas d'odeur ni ne donnait de secousse, qu'on ne trouva aucun signe de dommage ou de brûlures sur la statue, sur les murs, sur les fenêtres, pas plus que*

1. C. DE JANS, *Coup d'œil rétrospectif*, etc..., loc. cit., p. 8.

sur les diverses plantes à fleurs et plantes potagères au milieu de la cour (1).

Ce qui précède prouve qu'il s'agit d'une matière fulminante *pure*. En effet, elle n'a pas d'odeur et elle ne dégage ni vapeur d'eau ni noir de fumée ; on comprend donc qu'elle n'ait pas sali la statue de la Vierge. Par contre, elle donne la sensation de chaleur à grande distance. L'absence de brûlure sur les plantes, dont la substance contient des masses énormes d'eau, peut provenir d'un effet de caléfaction ; d'autre part, la forte détente des gaz qui explosent doit abaisser singulièrement leur température, et l'on ne doit pas s'étonner que le marbre de la statue n'ait subi de ce chef aucune altération.

b) Voici un autre exemple. Vers midi du 20 juillet 1885, à Velletri, près de Rome, avant que fussent commencées la pluie et la grêle, un globe rouge, d'environ 15^{cm} de diamètre, apparaissait au dessus de deux maisons... On le vit courir à l'est pendant deux cents mètres, puis descendre obliquement et enfiler une rue inclinée dans le même sens. Arrivé presque au bout de cette rue, il entra par une fenêtre ouverte au premier étage du palais Graziosi, aborda lentement la joue gauche d'une jeune fille placée en face de cette fenêtre, retourna subitement en arrière et disparut sans tonnerre. La jeune fille reçut sur la joue seulement *un souffle chaud* en restant éblouie et abasourdie ; aucune secousse, aucune piqure d'étincelle (2).

Comme précédemment, il s'agit d'une matière fulminante *pure* sans odeur ni électrisation, et qui disparaît sans tonnerre.

c) Le 18 juin 1815, à 9^h30 du soir, le brick *Victoria*, allant de Newcastle à Malte, subit de fortes rafales de vent. Pendant qu'on carguait les voiles hautes, le calme revint, et *l'on sentit une chaleur insupportable et une odeur pénétrante de soufre. Au même moment, trois corps lumineux sortaient de la mer à un demi mille environ du navire et restèrent visibles pendant dix minutes* (3).

1. I. GALLI, *Effetti dei fulmini sugli alberi*, etc..., *loc. cit.*, § 1, p. 2-3. (Estratto dalle *Mem. d. I. Acc. Rom. d. N. Lincei*, t. 31, 1913).

2. I. GALLI, *Gli effetti fisici e chimici*, etc..., *loc. cit.*, § 5, p. 17-18 (Estratto dalle *Mem. d. P. Acc. Rom. d. N. Lincei*, t. 30, 1912).

3. E. MATHIAS, *La matière fulminante* (suite), *loc. cit.*, p. 726.

Ici, la sensation de chaleur est simultanée avec la sensation de lumière et d'odeur. Incontestablement, on a affaire à des globes « chauds ». La question d'odeur est difficile à élucider à cause du laconisme extrême de la notice qui vient d'être citée.

6. Globes « froids ». — C'est l'une des questions les plus troublantes de l'ancienne littérature scientifique. Le plus bel exemple est celui dont Babinet fit à l'Académie des sciences un récit ⁽¹⁾ qui figure aujourd'hui dans les traités classiques ⁽²⁾ et qui se rapporte au tailleur de la rue saint Jacques, dans la chambre duquel le tonnerre en boule descendit pour remonter ensuite. Cet exemple ayant été étudié tout particulièrement dans le mémoire précédent ⁽³⁾, nous n'en retiendrons ici que les passages relatifs à la « chaleur » du globe.

a) Après un assez fort coup de tonnerre.... cet ouvrier... vit tout à coup le chassis garni de papier qui fermait la cheminée s'abattre, comme renversé par un coup de vent assez modéré, et un globe de feu gros comme la tête d'un enfant sortir tout doucement de la cheminée et se promener lentement par la chambre, à peu de hauteur au dessus des briques du pavé... Le globe de feu *était plutôt brillant et lumineux qu'il ne semblait chaud et enflammé, et l'ouvrier n'eut aucune sensation de chaleur*... Le globe, arrivé au bout de la cheminée, qui était au moins à 20 mètres au dessus du sol de la cour, produisit une *explosion épouvantable*, qui détruisit une partie du faite de la cheminée et en projeta les débris dans la cour... Les mouvements du globe lumineux furent toujours lents et non saccadés. *Son éclat n'était point éblouissant et il ne répandait aucune chaleur sensible*...

b) Autre exemple. Le dimanche 19 août 1900, plusieurs personnes étaient réunies dans un salon du château du baron de France, à Maintenay (Pas-de-Calais), au moment où un violent orage éclatait sur le pays. Tout à coup apparut, au milieu des onze personnes qui se trouvaient là, un globe de feu bleuâtre, gros comme une tête d'enfant, qui traversa assez lentement l'appartement, en effleurant quatre personnes sur son passage. Aucune ne fut blessée.

1. C. R., t. 35. 1852, p. 1-3.

2. JAMIN et BOUTY, *Cours de physique*, 3^e édition, t. 1^{er}, p. 320-321, Paris, Gauthier-Villars, 1881.

3. E. MATHIAS, *La matière fulminante* (suite), *loc. cit.*, § 22, p. 736-738.

Une explosion épouvantable retentit au moment où la boule électrique disparut par une porte ouverte dans la cage du grand escalier (1).

Ce dernier cas montre bien qu'il s'agit d'une foudre *impure*, qui a absorbé du soufre (qui lui donne sa couleur bleuâtre) et des hydrates de carbone ; comme elle explose, elle était électrisée. La vapeur d'eau qu'elle émettait formait autour d'elle un vêtement collant maintenu par la pression électrostatique. *Cette couche de vapeur d'eau est un écran efficace contre le rayonnement calorifique de la matière fulminante*, Suivant l'épaisseur de cette couche, et toutes choses égales d'ailleurs, l'impression extérieure de chaleur peut être presque nulle, faible ou modérée.

Le globe de la rue saint Jacques ne contenait pas de soufre, parce que sa couleur n'était pas bleuâtre ; pour pouvoir émettre de la vapeur d'eau, il lui suffisait d'avoir absorbé sur son parcours dans l'air des particules végétales ou animales *sèches*, dénuées de protoplasma et réduites à des hydrates de carbone. La présence d'une couche de vapeur d'eau autour de ce globe est attestée par le fait que, malgré l'incandescence de la matière fulminante, *son éclat n'était point éblouissant* ; la vapeur d'eau n'arrête pas seulement les rayons calorifiques, mais aussi les rayons bleus, violets et ultra-violets.

Quant à la forte pression électrostatique des deux globes « froids », elle est montrée par les explosions épouvantables qui ont terminé leur carrière.

On s'explique donc ainsi très simplement que l'on ait pu discuter longuement la question des globes « chauds » et « froids » et arriver à des conclusions absolument opposées, les uns voulant que la matière fulminante fût presque froide, à la manière des nuages orageux, tandis que, quand elle est *pure*, elle se comporte comme un corps incandescent qui rayonne d'une façon intense.

II. ENERGIE DE LA MATIÈRE FULMINANTE.

Par les effets mécaniques de destruction et de transport à grande distance de lourds matériaux et quelquefois de personnes,

1. CAMILLE FLAMMARION, *Les phénomènes de la foudre*, loc. cit., p. 117.

par le fait de la propulsion de la foudre globulaire à l'encontre du vent et de la pesanteur, l'existence d'une énergie de la matière fulminante pure, par centimètre cube, à une température donnée, est certaine.

Cette énergie est évidemment une fonction de la température, et d'autant plus élevée que cette température est plus haute.

Or nous ne savons pas encore produire artificiellement et à volonté la matière fulminante pure dans nos laboratoires, de manière à pouvoir étudier à loisir ses propriétés à toutes les températures auxquelles elle est susceptible d'exister. Nous en sommes donc réduits, pour l'instant, à des méthodes plus ou moins indirectes, incomplètes, plus ou moins douteuses, qui ne nous donneront guère que l'ordre de grandeur de cette inconnue. Si peu satisfaisant que cela soit, ce sera un jalon de plus sur la route qui conduit à la connaissance complète de la foudre.

7. Recherche d'une valeur approchée de l'énergie de la matière fulminante par centimètre cube et par gramme. — Nous emploierons, à cet effet, deux méthodes différentes, appliquées à des formes pour ainsi dire inverses. L'une d'elles sera l'éclair fulminant *descendant*, dans des conditions telles que le fer traversé par la décharge commencerait à fondre ; l'autre forme sera un éclair *ascendant* minuscule, inoffensif. Si les deux méthodes donnent le même résultat, on sera bien près de la certitude et le principe posé de l'unité de la matière fulminante pure sera confirmé.

Première méthode. — Soit un éclair rectiligne, cylindrique, de longueur l , de section S , éclatant entre deux régions de potentiels respectifs V et V' , en volts, avec $V > V'$, la décharge d'énergie W transportant m coulombs. On a :

$$W = m (V - V') = ml \frac{V - V'}{l} = mlG ;$$

G est le gradient de potentiel en volts par mètre, l s'exprimant en mètres et W en joules. Soit ω l'énergie par unité de volume de la matière fulminante, on a :

$$\omega = \frac{W}{lS} = \frac{mlG}{lS} = \frac{m}{S} G.$$

La valeur de ω dépend uniquement du gradient de potentiel et de la densité de la décharge par unité de surface. *Elle est indépendante de la longueur de l'éclair et du régime de la décharge.* En particulier, on n'a pas à connaître la durée de l'éclair, d'une mesure difficile.

En prenant, pour G , m et S , des valeurs expérimentales acceptables, nous aurons l'ordre de grandeur de ω . Admettons :

$$G = 800 \frac{\text{kilovolts}}{\text{mètre}}, \quad m = 30 \text{ coulombs}, \quad S = 10 \text{ cm}^2,$$

Les recherches faites en Amérique donnent pour G des gradients qui atteignent souvent $2500 \frac{\text{kilovolts}}{\text{mètre}}$; la valeur adoptée doit donc être fréquemment atteinte.

Les recherches récentes du professeur C.T.R. Wilson ⁽¹⁾ sur l'électricité atmosphérique conduisent à des valeurs extrêmes de 10 et 50 coulombs pour la charge électrique transportée par un éclair fulgurant moyen ; le nombre que nous avons adopté est précisément la moyenne des valeurs extrêmes : 30 coulombs. Pour une durée de $\frac{1}{700}$ de seconde, l'éclair équivaldrait à un courant constant de 21.000 ampères circulant pendant ce temps.

Le potentiel maximum du nuage étant de l'ordre de 10^9 volts, pour un éclair de 2 kilomètres de long, le gradient de potentiel, en volts par mètre, est :

$$G = \frac{10^9}{2 \cdot 10^3} \frac{\text{volts}}{\text{mètre}} = \frac{1}{2} \frac{10^6 \text{ volts}}{\text{mètre}} = 500 \frac{\text{kilovolts}}{\text{mètre}}.$$

On trouve ainsi un nombre qui est bien de l'ordre de grandeur de celui que nous avons adopté.

La section droite S de l'éclair est un élément fort mal connu. B. Walter, qui a exprimé sur ce sujet l'opinion la plus raisonnable ⁽²⁾, estime la largeur de l'éclair, supposé être un cylindre circulaire, à quelques centimètres au plus. En prenant $S = 10 \text{ cm}^2 = \pi \frac{D^2}{4}$,

1. *Phil. Trans.*, A, t. 221, p. 73, 1920. Cité par B. CHAUVÉAU, *Electricité atmosphérique*, 2^e fascicule, p. 241 et suivantes.

2. *Meteor. Zeitschr.*, t. 28, p. 426, 1911.

il vient : $D = 3^{\text{cm}},57$. On obtient ainsi une valeur très acceptable pour le diamètre transversal d'un fort éclair fulgurant descendant.

Les valeurs de G , m , S , justifiées par ce qui précède, donnent :

$$\begin{aligned}\omega &= \frac{30 \text{ coulombs}}{0^{\text{m}^2},0010} \times 0,8 \times 10^6 \frac{\text{volts}}{\text{mètre}} = \\ &= 2,4 \times 10^4 \frac{\text{joules}}{\text{cm}^3} = 2,4 \times 10^3 \frac{\text{kilogrammètres}}{\text{cm}^3}.\end{aligned}$$

Dans le calcul précédent, *on admet que le volume de l'éclair est celui de la matière fulminante créée* ; comme il y a contraction, l'erreur commise est par défaut. Or on calcule ainsi l'énergie initiale au lieu de la valeur *finale* au moment de l'éclatement ; on commet donc une erreur par excès. Le calcul précédent, outre les incertitudes des nombres relatifs à l'éclair, comporte deux erreurs importantes de signe contraire. Se compensent-elles ? C'est ce que montre le second calcul.

Seconde méthode. — M. Lohier fils, avocat au parlement de Bretagne, écrivit à Réaumur ⁽¹⁾ que, le 14 septembre 1746, vers 7^h30 du soir, étant à Rennes avec deux de ses amis, dans son cabinet, il aperçut subitement, sur la partie de sa robe de chambre répondant à la poitrine, trente ou trente-cinq corpuscules lumineux, ayant l'éclat vif et blanc de l'éclair, avec une nuance très légère de rouge ; ces corpuscules étaient pour la plupart globuleux, les plus petits de la grosseur d'un pois et les plus gros de celle du bout du petit doigt. On voyait parmi ces globules six à sept corpuscules qui paraissaient cylindriques, de la longueur d'environ un pouce ou un pouce et demi, et de l'épaisseur de deux lignes ; ces corps longs paraissaient descendre vers le bas de la robe de chambre, par un mouvement semblable à la démarche non accélérée d'un ver, et celui qui fit le plus de chemin, parcourut environ 15 à 18 lignes : *à l'égard des corpuscules, ils ne paraissaient avoir aucun mouvement de translation.* M. Lohier crut seulement y en remarquer un de rotation. A la lueur de ces corps lumineux, on pouvait lire aisément de l'écriture, et distinguer les deux couleurs de la robe de

1. *Histoire de l'Académie royale des Sciences*, 1746, p. 23. Cité par GALLI, *Effetti dei fulmini globulari sull'uomo, etc...*, loc. cit., § 10, p. 17.

chambre... Ils ne durèrent pas bien longtemps : au bout de 5 à 6 minutes ils s'étaient tous éteints et successivement.

Beaucoup de foudres sphériques explosent après un petit nombre de secondes, ayant dépensé leur énergie de plusieurs façons à la fois. Ici, rien de pareil ; fixés à l'extrémité des fils de la robe de chambre de M. Lohier fils, sans mouvement sensible, les corpuscules sphériques se refroidissent par rayonnement, en vertu de la différence entre leur température centigrade t et la température t' de l'air environnant. C'est pourquoi ils durent si longtemps. Admettons que les sphères de 4^{mm} de diamètre ($R = \frac{1}{5}$ cm) ont duré 5 minutes ($\tau = 300$ secondes).

Bien que toutes les particularités du phénomène aient été minutieusement décrites par M. Lohier fils, *il n'est pas question d'un changement de couleur des corpuscules lumineux avant de disparaître*. Nous admettons donc que l'énergie libérée par une diminution ΔR du rayon dans le temps $\Delta \tau$ compense exactement la chaleur perdue par rayonnement pendant le même temps ; donc $t - t' = c^{\text{te}}$, et $t = \text{constante}$.

Soient $\Theta = 273 + t$ et $\Theta' = 273 + t'$ les températures absolues de la matière fulminante *considérée comme un corps noir* et de l'air, et σ une constante relative à un centimètre carré de la surface rayonnante ; la loi de Stefan donne, J étant l'équivalent mécanique de la calorie :

$$4\pi R^2 \sigma (\Theta^4 - \Theta'^4) \Delta \tau = 4\pi R^2 \cdot \Delta R \cdot \frac{\omega}{J},$$

$$\frac{\Delta R}{\Delta \tau} = \frac{J}{\omega} \sigma (\Theta^4 - \Theta'^4) = c^{\text{te}} = \frac{R}{300},$$

$$\omega = \frac{300}{R} J \sigma (\Theta^4 - \Theta'^4) \frac{\text{ergs}}{\text{cm}^2}.$$

Négligeons Θ'^4 devant Θ^4 et prenons : $J = 4,2 \times 10^7 = 4,2$ joules,

$$\sigma = 1,56 \times 10^{-12}, \text{ (1)}$$

$$R = \frac{1}{5},$$

$$\Theta = 1027^\circ \times 273^\circ = 1300^\circ ;$$

1. ABRAHAM et SACERDOTE, *Recueil de constantes physiques*, tableau 215 : σ est donné par les expériences de Féry et Drecq (1911). Paris, Gauthier-Villars, 1913.

il vient :

$$\omega = 1500 \times 4,2 \times 1,56 \times 10^{-12} \times \overline{1300^4} \frac{\text{joules}}{\text{cm}^3} = 28070 \frac{\text{joules}}{\text{cm}^3},$$

$$\omega = 2,86 \times 10^3 \frac{\text{kilogrammètres}}{\text{cm}^3}.$$

Le calcul précédent, très simple, n'introduit que des grandeurs physiques nettes. La seule difficulté est le choix d'une valeur acceptable pour Θ .

L'identité très approchée des résultats numériques fournis par les deux méthodes employées permet de conclure que l'énergie de la matière fulminante pure par centimètre cube, au moment de sa destruction, est d'environ 2860 kilogrammètres.

Remarque. — Ce nombre comporte deux vérifications. L'expérience montre, en effet, que les foudres sphériques d'un rayon de 2 centimètres ont déjà une puissance destructive considérable, tandis qu'on peut écraser sous le pied des foudres de la grosseur d'un pois :

Pour $R = 2^{\text{cm}}$, $W = 95840$ kilogrammètres ; la foudre peut lancer à 95^m,84 de hauteur un poids d'une tonne, ce qui rend compte des faits observés ;

pour $R = 2^{\text{mm}}$, $W = 95,8$ kilogrammètres ; si la foudre se décomposait d'un seul coup, cette énergie serait encore sensible ; mais si, en marchant dessus, la pression est progressive, la fraction d'énergie libérée à chaque instant ne saurait être très dangereuse.

Remarque. — Calculons maintenant l'énergie Ω relative à un gramme de matière fulminante.

Celle-ci ayant sensiblement la densité de l'air, un centimètre cube pèse 1^{mg},3 ; donc 1 milligramme a une énergie de $\frac{2860}{1,3}$ kilogrammètres = 2200 kilogrammètres. Donc :

$$\Omega = 2200 \times 10^3 \text{ kilogrammètres} = \frac{2200 \times 10^3}{427,8} \text{ calories} =$$

$$= 5143 \text{ calories.}$$

La nitroglycérine, réputée la plus énergique des substances explosives solides ou liquides, ne dégage par gramme que 1320 calo-

ries (1). *L'énergie par gramme de la matière fulminante pure est donc environ quatre fois celle de la nitroglycérine.*

Autre remarque. — L'énergie énorme de la matière fulminante permet aux foudres globulaires d'exercer, pendant leur courte existence, suivant les cas, deux sortes d'effets mécaniques dont la considération est des plus intéressantes, et que nous allons étudier dans les deux paragraphes suivants.

8. Globes excavateurs. — Dans ce cas, les foudres globulaires tournent très rapidement, comme des toupies, autour d'un axe vertical ou sensiblement vertical, mais soumis à un phénomène de *précession*, et creusent à la surface du sol, à la façon d'une *raieuse*,

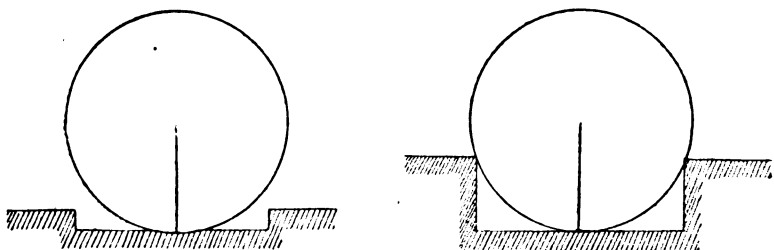


Fig. 1.

des *trous circulaires*, très réguliers, cylindriques, souvent équidistants les uns des autres, d'autres fois se rapprochant de plus en plus.

Parfois, au contraire, les foudres globulaires creusent des *sillons plats ou profonds, courts ou longs*.

Dans ce phénomène d'érosion, de creusement, il semble qu'il y ait véritablement caléfaction, la matière fulminante, *parfaitement isolée du sol*, agissant mécaniquement sur le sol par les gaz qu'elle dégage continuellement en se refroidissant à proximité de celui-ci. Il en résulte que l'énergie par centimètre cube de la matière fulminante se transforme en travail mécanique de telle sorte que *le volume de la foudre globulaire va constamment en diminuant à mesure que le*

1. MARCELIN BERTHELOT, *Sur la force de la poudre et des matières explosives*, p. 160 et 190. Paris, Gauthier-Villars, 1872.

travail mécanique augmente. Par son long contact, plus ou moins médiat, avec la terre, *la foudre globulaire se désélectrise progressivement et finit par s'éteindre.*

Si l'on suppose que le globe sphérique tourne autour d'un axe normal au sol *avec une vitesse constante* et si la surface du sol est légèrement inclinée par rapport à l'horizon, il est facile d'expliquer la formation des trous cylindriques identiques et équidistants. En effet, au commencement, le trou étant plus large que profond, la sphère fulminante peut y pénétrer sans toucher les bords. Quand, le trou s'approfondissant, la sphère touche les bords, le refroidissement, devenant plus énergique, provoque subitement un dégagement gazeux plus abondant, qui projette la foudre sphérique normalement à la surface du sol. Si celle-ci est légèrement inclinée sur l'horizon, le centre de gravité de la sphère fulminante décrit, dans le plan vertical de plus grande pente, un arc de parabole. La sphère retombant sur le sol, creuse un nouveau trou cylindrique identique au premier puisque la vitesse de rotation est demeurée la même, le volume de celle-ci n'ayant pas sensiblement changé non plus. Les mêmes causes produisant les mêmes effets et la nature du sol étant supposée identique, la sphère touchera les bords du nouveau trou cylindrique lorsque celui-ci aura la même profondeur que le premier, etc...

Si la surface du sol est rigoureusement horizontale, la sphère retombe dans le trou, qui se creuse de plus en plus profondément.

Si la surface du sol est inclinée légèrement par rapport à l'horizon et si la vitesse de rotation de la foudre globulaire va en diminuant en même temps que son diamètre, on voit tout de suite que les trous creusés ne seront plus équidistants, ni du même diamètre, mais qu'au contraire les axes des trous circulaires iront en se rapprochant progressivement en même temps que leur rayon ira constamment en diminuant.

L'exemple le plus anciennement connu de globe excavateur se trouve, sans indication de date, dans l'ouvrage déjà plusieurs fois cité de P. van Musschenbroek (1) ; mais le fait fut certainement

1. P. VAN MUSSCHENBROEK, *Introductio ad Philosophiam naturalem*, t. II, Padoue, 1768, § 2526, p. 579.

observé antérieurement à 1750, année où il acheva d'écrire son ouvrage :

a) Barham, à Jannarca, vit un globe igné, de la grandeur d'une bombe, qui, subitement tombé sur la terre, creusa dans le sol plusieurs cavités, l'une de la grosseur d'un homme, les autres identiques de la grosseur du poing ; la première fut profonde au point qu'avec les cordes dont on disposa alors le fond ne put en être trouvé.

Même en supposant le fait exact, on ne peut croire, comme le fait très judicieusement remarquer le professeur Galli, que cette énorme excavation soit uniquement l'œuvre du globe igné ; le bon sens indique que celui-ci a creusé la terre là où, dans le sous-sol, existait déjà une crevasse ou une caverne ⁽¹⁾.

b) Le jour du 31 août 1783, une foudre éclata à Milan sur la lanterne construite au milieu du belvédère de la maison Dugnani pour donner du jour à l'escalier. Elle fit peu de dégâts ; mais, en suivant la rampe de fer fixée sans interruption tout le long de l'escalier et des paliers, elle descendit jusqu'au rez-de-chaussée et en rompit le dernier gradin dans lequel était plantée la dernière tige de fer, et fit un ample trou dans la terre. Un des domestiques, qui, au moment où la foudre éclata, se trouvait à peu de distance de l'extrémité de l'escalier, vit un gros globe de feu qui se mouvait avec un mouvement vertical, et il semblait qu'il voulait trouer le terrain ⁽²⁾.

c) Giuseppe-Antonio Costantini, qui croyait que toutes les foudres avaient la forme globulaire et, à cause de cela, la spécifiait rarement, raconte que, dans le carême de 1748, « dans la grosse ville de Gallio des sept communes Vicentini, une foudre tomba dans un pré, où elle fit un trou circulaire d'environ trois pieds de diamètre et profond d'un peu plus d'un pied. Elle travailla par le dedans de telle façon qu'elle creusa beaucoup plus la partie inférieure, en sorte que la concavité avait une forme semblable à un pot étroit de la bouche et large de la panse. Cela fut vu de toute la ville » ⁽³⁾.

1. « Barham in Jannarca globum ignitum magnetudine bombae vidit, qui subito in terram delapsus plures foras solo insculpsit, quarum una cressitiei hominis, aliae pugni aequales : prima adeo profunda fuit, ut funibus, qui tum praesentes erant, fundus inveniri non potuerit ». Voir GALLI, *Gli effetti meccanici*, etc., loc. cit., § 13, p. 32.

2. GALLI, *Gli effetti meccanici*, etc., loc. cit., § 13, p. 32.

3. GALLI, *Gli effetti meccanici*, etc., loc. cit., § 13, p. 36.

Dans les cas précédents, la foudre ne creuse qu'un trou ; dans le suivant, il y en a deux, avec des détails nouveaux :

d) A Paris, le 28 août 1839, une foudre tomba au milieu de la cour de l'Office central de la douane, encore en construction :

Cette foudre avait la forme d'un gros globe de feu et elle était accompagnée d'une trainée de vapeur ; elle frappa le sol formé de remblais nouveaux, elle y creusa un enfoncement de 18 centimètres de diamètre ; elle s'y agitait violemment en tournant sur elle-même, enleva les terres meubles, puis elle rejaillit pour retomber à 3 mètres plus loin, où elle fit une nouvelle excavation de 9 centimètres de diamètre en s'agitant toujours violemment.

Le globe saute après sur le mur d'enceinte, en parcourt le dessus pendant une trentaine de mètres, s'élance sur une rue trempée de pluie, s'y traîne en décrivant une longue ligne serpentine, entre dans l'hôpital Saint-Louis et vole dans la cour. « A mesure que le temps s'écoulait, on voyait sa masse s'amoindrir ; lorsqu'elle arriva au milieu de la cour de l'hôpital Saint-Louis, ce n'était plus qu'une lumière très mince, peu lumineuse, qui disparut tout à coup ». (1)

Récit très intéressant. Il s'agit d'un globe avec appendice caudal au commencement qui montre des phénomènes de caléfaction en se promenant dans l'eau de la rue, dont le volume diminue à mesure qu'il dépense son énergie, et qui se désélectrise au fur et à mesure de son contact avec la terre ; il s'éteint brusquement lorsque sa désélectrisation est totale.

A remarquer qu'au commencement la foudre creuse deux excavations circulaires, dont les diamètres, 18^{cm} et 9^{cm}, vont en diminuant, ce qui prouve que la vitesse de rotation du globe allait en diminuant, le passage de la première à la seconde excavation se faisant par un jaillissement.

Voici maintenant un exemple de trous équidistants :

e) Reprenons l'exemple d) des pages 734 et 735 du mémoire précédent (2), observé près d'Ullersdorf, à 14^h,15 ; le 2 avril 1904. Le cylindre arqué primitif, ayant fondu le métal de la couverture et le crucifix de l'édicule, avait sali sa matière fulminante ; aussi se sub-

1. AMÉDÉE GUILLEMIN. *Le Monde physique*, Paris, 1883, t. III, p. 492.

2. E. MATHIAS, la Matière fulminante (suite), électricité, tension superficielle, *Ann. des P.T.T.*, octobre 1929.

divise-t-il en trois globes B, B', B''. La portion B' alla vers un puits couvert de planches *et creusa dans le terrain des trous distants d'environ un mètre l'un de l'autre...* La troisième partie B'' se dirigea vers la maison d'un forgeron, distante de 15 mètres ; elle sauta l'escalier de pierre flanqué d'une galerie à rampe de fer, *laissa de petits trous dans l'auvent de l'entrée, etc...*

Dans les exemples suivants, les excavations prennent la forme de sillon d'abord, puis de fossé :

f) Le tonnerre grondait depuis quelques instants, mais il ne pleuvait pas encore ; tout-à-coup, la foudre tomba à Hautefeuille, canton de Charny (Yonne), sur un gros chêne dont l'écorce fut séparée du bois... Prenant alors la forme d'un *globe de feu* de 50^{cm} environ de diamètre, le météore roule sur le sol, se dirige vers la cour d'une ferme située à plus de 300 mètres, menace de pénétrer dans une grange et, comme après un moment d'hésitation, se précipite dans un abreuvoir, où il disparaît. *Il avait l'air de tourner avec une grande rapidité sur lui-même et semblait lancer tout autour de lui la terre du sillon qu'il creusait dans le sol*, en brûlant l'herbe sur tout son parcours. La durée de cet imposant spectacle, autant que l'émotion des témoins leur permit de l'apprécier, depuis la chute de la foudre sur le chêne jusqu'à la disparition du globe de feu dans l'abreuvoir, leur parut être de plus d'une minute (Séguin) (1).

g) En 1791, un petit globe fulminant tomba sur l'observatoire du marquis Ganneri, courut par la gouttière de fer blanc, descendit par le tuyau de décharge, entra dans la serre la plus proche du jardin où s'étaient abrités plusieurs hommes et, en rasant le sol, *alla s'éteindre* parmi les matières nitreuses accumulées dans un coin humide. *Sur le sol, elle traça un sillon*, en éparpillant la terre enlevée. Récit de l'abbé Antonmaria Vassali Eandi, professeur à l'université de Turin (2).

Voici maintenant le récit prodigieux des faits observés en 1876 par M^r M. Fitzgerald, au mont Glendowan, dans le comté Donegal de l'Ulster (Irlande).

1. F. SESTIER, *loc. cit.*, t. I^{er}, p. 127.

2. I. GALLI, *Gli effetti meccanici, etc...*, *loc. cit.*, § 13, p. 33.

h) Il me souvient d'un globe de feu qui flottait placidement dans l'atmosphère. Après avoir dépassé le sommet de la hauteur où je commençai à le voir, il descendit peu à peu dans la vallée au dessous, en se maintenant, sur tout le chemin, à peu près à la même hauteur du sol, jusqu'à ce qu'il arrivât à un cours d'eau placé à environ 300 mètres du lieu où je me trouvais. Là, il frappe le sol et disparaît ; mais, après une nouvelle minute, au moins, je le vis de nouveau et, après s'être avancé de 200 autres mètres environ en courant sur la surface de la terre, il disparut une autre fois sur le sol bourbeux, et après reparut encore, à environ 500 mètres plus loin, au dessus de l'eau courante. A cause de cela, il se mouvait en rasant toujours la terre et s'abaissa de nouveau, mais cette fois entre les parapets du cours d'eau ; enfin, après avoir traversé le ruisseau à fleur d'eau, il se posa sur la rive opposée *en faisant un trou dans la terre bourbeuse, dans laquelle lui-même s'ensevelit.*

J'examinai aussitôt le parcours du météore, et, dans le lieu où il toucha pour la première fois le sol, je trouvai *un trou d'environ six mètres carrés et la terre retournée sur le pré et bien nettoyée comme si elle avait été travaillée par le couteau d'une charrue. Ce travail, autant que j'en pus juger, fut exécuté en moins d'une minute. Ensuite le globe laisse sur son chemin un fossé long de quarante mètres et profond presque d'un mètre et demi ; et là, après avoir sillonné la terre jusqu'à 30 ou 40 centimètres de profondeur, et après avoir renversé le parapet sur presque 10 mètres de largeur et un mètre et demi de profondeur en lançant l'énorme masse de terre dans le lit du torrent, il court sur la rive opposée bourbeuse.*

La durée de l'apparition entière ne peut avoir dépassé 20 minutes, dans lequel temps le globe s'avavançait tranquillement comme s'il flottait entre l'air et l'eau pendant un trajet de presque un mille (1.600 mètres). Le météore offrit au commencement l'aspect d'une balle lumineuse *de couleur rouge, d'environ un demi-mètre de diamètre ; après, elle alla rapidement en se rapetissant, surtout après chacun des défoncements du sol que j'ai décrits ; en sorte que, quand elle disparut, elle n'avait plus qu'un décimètre, ou un peu plus, de diamètre* (1).

Terminons par un exemple complexe et curieux, que nous prendrons dans un mémoire précédent (2) :

i) Il s'agit du globe *moitié rouge et moitié blanc* qui, le 30 novembre 1828, s'arrêta sur le poitrail du cheval attelé à la voiture de M. Ernest de Poulpiquet. Car le phénomène avait une phase antérieure et commença avec la descente *d'une masse bleue* sur un chêne :

Du haut du vieux chêne se détachèrent d'assez forts morceaux de bois ; une grande branche supérieure et le reste du tronc furent labourés par la foudre, qui détacha une certaine largeur d'écorce en suivant le sens de la sève jusqu'à la racine dans le champ, où elle s'avança de 1^m 50, revint, en glissant sur l'herbe, pour remonter sur le talus en suivant une grosse racine qu'elle nettoya sans la dénuder, *fit sur ce talus un trou irrégulier de 30^m en tous sens. s'en échappa*

1. *Quarterly Journal of the meteorological Society*, t. 4, p. 160. Cité par GALLI, *Gli effetti meccanici*, etc..., *loc. cit.*, § 13, p. 33 et 34.

2. E. MATHIAS, *La matière fulminante* (*loc. cit.*), § 19, p. 578-579.

par une rigole faite par elle à l'orifice supérieure, s'enfonça dans la terre du talus, sortit par trois trous, suivit deux sentiers différents pour se rendre sur la route sans brûler la lande qu'elle a traversée, courut, en se rejoignant à 25 pas de là au poitrail de la jument après avoir renversé le garçon sur son passage et nous apparut rouge à droite et blanche à gauche ()*.

Ce qui nous intéresse prodigieusement dans cet exemple, ce n'est pas le travail confus d'excavation accompli par le globe lumineux, ni le fait qu'il se sépare en sortant de la terre du talus en trois parties qui suivent deux sentiers différents et viennent après se rejoindre en une seule masse : c'est le fait entièrement nouveau que le *globe bleu* tombé sur le chêne, dont la partie extérieure était souillée par le soufre puisqu'elle émettait la couleur bleue caractéristique de cet élément brûlant à l'air, à la fin de ses évolutions, ayant utilisé l'énergie de sa partie extérieure dans les travaux compliqués qu'on vient de voir, s'est purgé de son soufre au point qu'il apparaît en dernier lieu comme une matière fulminante pure, n'ayant plus que les couleurs du corps noir qui se refroidit.

Ce serait donc le cas d'une foudre globulaire, pure à l'origine, qui se serait souillée superficiellement en absorbant, dans son passage à travers l'air, des matières végétales ou animales contenant du protoplasma et, par conséquent, du soufre. Nous estimons que c'est là une des plus belles confirmations de notre théorie sur la formation des foudres sphériques, dont les couches concentriques peuvent être très différentes les unes des autres.

9. Trous de foudre ou fulgurites. — Il peut arriver que la foudre globulaire agisse cette fois sur le sol par la chaleur propre de la matière fulminante ; le résultat est alors très différent de ce qu'on vient de voir.

Lorsque la foudre frappe une colonne de sable ou un sol sablonneux, elle creuse un trou dont l'intérieur est garni de sable vitrifié. Les anciens croyaient qu'une masse solide excessivement chaude s'était enterrée dans le sol en fondant le sable sur sa route (*).

1. *Cosmos*, t. 38, p. 142.

2. Il est probable que cette opinion est due à l'observation accidentelle de la chute d'aérolithes, que l'on trouve quelquefois, encore excessivement chauds,

La foudre produit alors, à l'intérieur du sol, des cylindres ou des cônes, le plus souvent creux, dont les parois sont constituées par une matière vitrifiée, parfaitement lisse à l'intérieur, et environnée extérieurement d'une croûte composée de grains de quartz agglutinés. On leur a donné le nom de *fulguriles* ou *tubes de foudre*. Le plus souvent, c'est un tuyau unique qui s'enfonce verticalement dans le sable et atteint jusqu'à 10 mètres de profondeur. D'autres fois, le tube s'enfonce dans une direction oblique, se partage en deux ou trois branches principales, et chacune d'elles donne naissance à de petits rameaux latéraux pouvant atteindre de 30 à 40 centi-

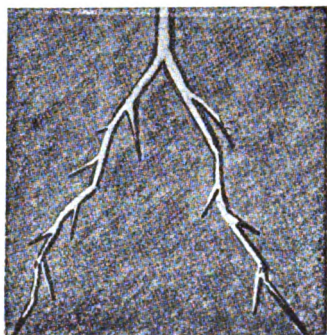


Fig. 2.

mètres. Ces tubes de foudre avaient été découverts, il y a plus de deux cents ans (1711), par le pasteur Hermann, à Massel, en Silésie, sans qu'il pût en trouver l'origine ⁽¹⁾.

C'est au docteur Hentzen qu'appartient l'honneur de les avoir découverts de nouveau en 1805, dans la lande de Paderborn, vulgairement appelée la Senne, et d'avoir, le premier, indiqué leur origine. On en a depuis découvert un grand nombre : à Pillau, près de Königsberg dans la Prusse orientale, à Nietleben, près de Halle-sur-Saale, à Drigg, dans le Cumberland ; dans la contrée sablonneuse située

dans les trous qu'ils ont creusés. Et ainsi s'expliquerait un préjugé connu, que l'on aurait vu un éclair dans un ciel parfaitement pur (F. EVRARD, *Troisième note sur les observations des coups de foudre en Belgique* (1886), p. 13-15).

1. ABBÉ MOREUX, *La foudre, les orages, la grêle*, Paris, Fayard et C^{ie}, p. 43-44.

au pied de Regenstein, près de Blankenberg et au Brésil, dans les sables de Bahia ⁽¹⁾. Plus récemment, on en a découvert, en 1865, à Maclesfield (Angleterre), en Pologne, à Maldonato (à l'embouchure de la Plata).

Cependant, bien des savants doutaient encore de la vraie cause quand, le 17 juillet 1823, le tonnerre tomba sur un bouleau près du village, de Reuschen, non loin de la mer Baltique, et mit le feu à un buisson de genièvre. Les habitants accourus virent au pied de l'arbre deux trous étroits et profonds. L'un d'eux, malgré la pluie, leur parut au toucher, être à une température élevée. Le professeur Hagen, de Königsberg, fit creuser avec soin tout autour de ces trous. Le premier trou, celui qui fut trouvé chaud, n'offrit rien de particulier. Le second, jusqu'à la profondeur d'un tiers de mètre, ne présenta non plus rien de remarquable ; mais un peu plus bas commençait un tube vitrifié. La fragilité de ce tube, conséquence inévitable de la ténuité des parois, ne permit de le retirer que par petits fragments de 4 à 5 centimètres de long. L'enduit vitrifié intérieur était très luisant, couleur gris de perle, et parsemé dans toute son étendue de points noirs. Après cet exemple où, comme le dit M. Hagen, la nature a été prise sur le fait, personne ne peut plus douter que la foudre n'ait la propriété de se frayer un chemin à travers le sable, de l'amener instantanément à l'état de fusion, et de lui donner, sur la longueur énorme de 10 à 12 mètres, la forme d'un tube creux vitrifié intérieurement ⁽²⁾.

Plus récemment, en Belgique,

plusieurs personnes ont assisté à la formation de cette singulière production pendant un orage qui eut lieu le 11 juillet 1868.

La foudre est tombée près d'une carrière de marbre, entre Gougnyes et Biesmes-la-Colonoise ; elle traversa une houe enmanchée, fendit le manche de l'instrument dans toute sa longueur et alla s'éteindre dans un tas de sable destiné au sciage du marbre. Après le coup de foudre, une vapeur s'échappa longtemps du tas de sable : c'était sans doute l'eau évaporée par la chaleur développée. Les témoins du fait ne tardèrent pas à explorer l'amas de sable jaune-rouge, à gros grains, d'environ 8 mètres cubes, haut de 90 centimètres et à peu près conique.

Le sommet du tas de sable n'était pas affaissé et portait à peine une légère

1. F. ARAGO, *loc. cit.*, chap. 21, p. 115.

2. F. ARAGO, *loc. cit.*, p. 115.

excoriation en forme d'entonnoir. Au fond de celui-ci, venait s'ouvrir un tube qui se rompait de suite et dont le diamètre était irrégulier. M. van Bastelaer présenta à l'Académie un fragment de tube que les ouvriers avaient conservé, et dont l'analyse chimique démontrait que l'effet du coup de foudre avait été une simple vitrification de la matière, c'est-à-dire la combinaison des éléments qui n'existaient dans le sable qu'à l'état de mélange, la saturation des bases et la formation d'un silicate complexe d'alumine, de chaux et de fer ⁽¹⁾.

Les fulgurites sont presque toujours creux. A Drigg, leur diamètre total était de 54 millimètres. Ceux de la Senne ont, à la surface du sol, depuis un demi-millimètre jusqu'à 15 millimètres d'ouverture, et se terminent souvent en pointe. L'épaisseur des parois varie entre un demi-millimètre et 27 millimètres ⁽²⁾.

Il convient de remarquer une différence essentielle entre l'éclair fulgurant qui, frappant un sol sablonneux, *donne des fulgurites*, et l'éclair en boule qui, dans les mêmes circonstances, *n'en donne presque jamais*. L'éclair fulgurant, qui frappe un sol sablonneux, y arrive *la matière fulminante étant à sa température la plus élevée* (2500° ?), qui est telle qu'elle peut fondre la silice et les silicates alcalins ou alcalino-terreux et, par suite, donner des fulgurites. Au contraire, la foudre sphérique finit habituellement en terre à une température relativement basse (500 à 800° ?), et alors ne peut plus fondre les silicates pour donner des fulgurites.

Voici deux exemples de foudres globulaires donnant soit un simple trou de foudre, soit une fulgurite proprement dite.

a) Il s'agit de la façon dont finit le globe meurtrier du 17 juillet 1916 à Roccasecca dei Volsci, dans le territoire Pontin.... La foudre était montée par un pied du lit et s'était introduite dans les matelas, en brûlant la laine horizontalement sur quelques centimètres jusqu'au point comprimé du pied gauche. Elle coupa le soulier et le noircit sans indice de brûlure, mais brûla le pied et la partie inférieure de la jambe, marqua une ligne très mince sur tout le côté gauche et antérieur du corps jusqu'à l'oreille, tourna sur la tête en brûlant les cheveux et alla à l'oreille droite. Dans les vêtements, aucun signe de brûlure ou de noircissement. La mort devait être instantanée parce que le cadavre resta en position tranquille avec les yeux ouverts, et se conserva flexible pendant 6 heures. La putré-

1. F. EVRARD, *Troisième note sur les observations des coups de foudre*, loc. cit., p. 14-15.

2. F. ARAGO, loc. cit., p. 115.

faction commença dans le pavillon de l'oreille droite. *La foudre ensuite troua le pavé*, descendit dans la cave, y rompit deux grandes bouteilles pleines de vin *et finit en terre en la trouant sans vitrification* (1).

b) En avril 1814, à Cheltenham, le globe fulminant tomba verticalement sur un tas de foin compact, et, sans l'incendier, y creusa un grand trou infundibuliforme, en produisant dans la terre une *fulgurite* profonde de plusieurs pieds (Howard) (2).

Par exception, la foudre sphérique de Cheltenham a donné une *fulgurite* profonde de plusieurs pieds parce que, tombant verticalement sur un tas de foin compact, qu'elle troua sans l'incendier, elle n'y dépense qu'une énergie infime. En arrivant sitôt après en contact avec la terre sablonneuse, sa matière fulminante est encore à une température assez élevée pour en fondre les silicates les plus fusibles, et son énergie est assez grande pour creuser un trou profond de plusieurs pieds.

A Roccasecca, la foudre globulaire, malgré ses multiples détours, a conservé assez d'énergie pour trouer la terre avant de s'y éteindre ; mais sa température était trop basse pour en fondre les éléments siliceux et former un tube vitrifié.

10. Énergie sonore. — Considérons, pour plus de simplicité, le cas d'une foudre sphérique. A chaque instant, certaines molécules superficielles sont arrivées, par le refroidissement, à l'extrême limite de leur stabilité, tandis que les molécules voisines sont encore stables, assez pour que, quand les molécules *vieillies* explosent, les molécules voisines, violemment secouées, reviennent rapidement à leur équilibre primitif.

Supposons le cas idéal où, n fois par seconde, un nombre constant N de molécules froides explosent à la surface de la foudre sphérique ; dans ces conditions, cette dernière fait entendre un son de hauteur constante égale à n et d'intensité constante proportionnelle à N .

1. GALLI, *Supplemento alla storia*, etc., loc. cit., § 24, p. 62-63.

2. GALLI, *Della protezione offerta*, etc., loc. cit., § 38, p. 47.

Si $n < 16$; quel que soit N , la foudre sphérique est silencieuse.

Si n est compris entre 16 et 100, le son est très grave et ressemble au bourdonnement d'une grosse mouche ; tel est le cas de la foudre *en forme de cœur* qui, le 29 juin 1903, fut vue par M^{me} Barigioni Pereira-Santiago, à Rome (¹), à la brune et par un temps serein.

Quand n est égal à un nombre de centaines suffisamment élevé, le son produit est aigu et donne la sensation d'un sifflement.

En général, il n'y a pas de raisons pour que n et N demeurent absolument constants ; alors, la hauteur du son produit est variable, comme aussi son intensité.

Nous ne pouvons que reprendre ici pour le son la théorie que nous avons donnée antérieurement pour le mouvement, la couleur et même l'odeur de la matière fulminante (²).

Comme la surface extérieure d'une foudre globulaire se renouvelle constamment par la décomposition des molécules superficielles les plus froides, le bruit qu'elle fait peut changer constamment de hauteur et d'intensité. Le professeur Galli dit à ce sujet : « D'ordinaire, les globes et autres formes analogues ne produisent pas de *sensations acoustiques* autres que le tonnerre, et quelquefois n'explo-sent pas ; mais on a des observations sûres de *souffle*, de *sifflement*, de *rugissement*, de *bourdonnement*, de *crépitement* (³).

Comme exemple d'un bruit grave, rappelons la fin de la belle observation de P. van Musschenbroek sur la foudre ascendante du 7 août 1741 (⁴) : « ...Au commencement, une légère apparence de murmure était entendue, comme si une flamme violente était excitée. »

Autre exemple, relatif au tourbillon qui, le 29 juillet 1686, détruisa une bonne partie de la Lombardie et de la Vénétie. Spoleti dit :

Ceux qui l'ont vu... me dirent d'une façon concordante que son passage ne dura pas un demi quart d'heure du commencement à la fin dans ce même lieu ; que l'air était gravement empuanti de soufre, et qu'il venait enveloppé

1. E. MATHIAS, *La matière fulminante* (loc. cit.), § 6, p. 550.

2. E. MATHIAS, *La matière fulminante* (loc. cit.), § 15, p. 564.

3. I. GALLI, *Gli effetti fisici e chimici*, loc. cit., § 5, p. 16.

4. E. MATHIAS, *La matière fulminante*, loc. cit., § 7, p. 552.

d'une nuée tellement dense et noire qu'elle empêchait de voir aussi les objets voisins ; que, dans le sein de cette obscurité, on voyait tourner en rond, *avec un continuel rugissement*, de petites nuées blanches entrecoupées (pour ainsi dire) de larges bandes de feu... ⁽¹⁾.

Alors que le prof. Galli estimait très difficile l'explication de ces phénomènes, nous nous permettrons de la trouver très simple. Le rugissement correspond tout simplement à un son rauque de grande intensité. Il est résolu par une distribution convenable des molécules froides dans les couches superficielles de la foudre sphérique.

Il est bien évident, d'autre part, que ce que l'on dit de la foudre sphérique s'applique mot pour mot à la foudre globulaire.

1. I. GALLI, *Gli Effetti fisici e chimici*, loc. cit., § 6, p. 19.

LE TAXIPHONE SANS BOUTON, nouveau appareil téléphonique à prépayement.

La transformation progressive en automatique des centraux téléphoniques, desservis jusqu'à ce jour manuellement, a entraîné la transformation des postes téléphoniques à prépayement reliés à ces centraux. La société « Le Taxiphone » a profité de cette circonstance pour étudier et mettre au point un poste à prépayement d'un type nouveau, dont le maniement très simple ne diffère du maniement d'un poste ordinaire d'abonné que par l'introduction préalable d'un jeton ; nous nous proposons de décrire le fonctionnement mécanique et électrique de cet appareil, actuellement en service à Bordeaux et à Lyon.

Rappelons tout d'abord brièvement les conditions imposées aux postes à prépayement par l'administration française des P.T.T.

Le poste à prépayement est relié, au bureau central, à un équipement ordinaire de ligne d'abonné. Afin d'éviter une immobilisation inutilement prolongée des organes de connexion du bureau central, la continuité de la ligne n'est réalisée, au décrochage, que moyennant l'introduction préalable d'un jeton dans l'appareil. L'utilisateur reçoit alors le signal de numérotage et compose sur le disque d'appel le numéro de son correspondant. A la réponse de ce dernier, la tension appliquée, au bureau central, à la ligne du poste à prépayement est inversée : ce phénomène, qui indique que la communication a abouti, doit avoir comme conséquence l'encaissement définitif, automatique ou non, du jeton placé jusqu'ici dans une position d'encaissement provisoire ; en outre, un compteur adjoint au poste à prépayement enregistre alors une unité. Si l'abonné demandé n'est pas libre ou ne répond pas, l'utilisateur peut recouvrer le jeton placé en position de pré-encaissement.

Dans les réseaux comportant une zone suburbaine à taxe

Enfin, pour que la qualité des conversations échangées à partir d'un poste à prépayement ne soit pas altérée, le schéma électrique du poste doit être exactement le même que celui du poste téléphonique du type administratif, du moins pendant la conversation entre l'usager et l'abonné demandé.

*
* *
*

Les figures 1 et 2 représentent schématiquement les différentes positions des mécanismes qui entrent dans la constitution de l'appareil.

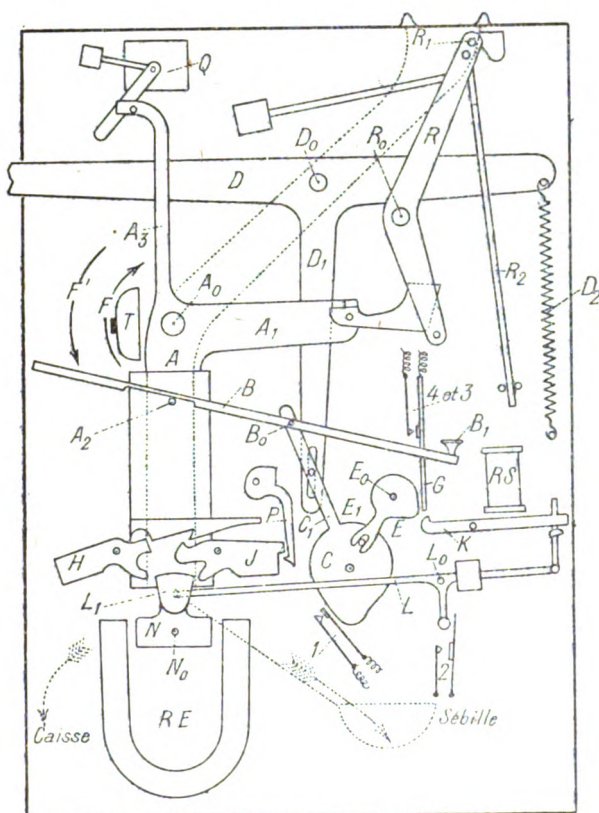


Fig. 2.

reil Taxiphone ; les différents contacts actionnés par ces mécanismes sont numérotés 1,2,3,4 ; ces numéros sont reproduits sur le schéma électrique (fig. 3).

Au repos, les différents organes occupent la position indiquée sur la figure 1. La glissière mobile A, sous l'action du contrepois A₁, tend à tourner autour de l'axe A₀ dans le sens de la flèche F ; mais elle est retenue par la goupille A₂, en prise avec un épaulement de la bielle B articulée en B₀ à l'extrémité d'un bras C₁ solidaire de l'arbre C ; ce dernier est d'ailleurs maintenu par le bras D₁ du crochet commutateur. L'arbre C commande, par la manivelle E₁, une came E mobile autour de l'axe E₀ : cette came pousse vers la droite la tige G et maintient la ligne ouverte aux contacts 3 et 4.

Lorsque l'utilisateur décroche, le crochet commutateur obéit au ressort D₂ et fait tourner, dans le sens de la flèche F', l'arbre C, qui entraîne la came E ; la glissière mobile est retenue dans la position indiquée (fig. 2) par les becs de deux cliquets H et J. La came E n'est plus en contact avec la tige G ; mais celle-ci est agrafée par le bec du cliquet K, et les contacts 4 et 3 demeurent ouverts.

Lorsque l'utilisateur introduit le jeton dans l'appareil, ce jeton vient tomber à l'intérieur de la glissière mobile ; il est retenu à la base de celle-ci par la goupille L₁, portée à l'extrémité de la balance L ; sous le choc, la balance bascule et chasse par la bielle L₂ le cliquet K, qui libère le ressort G ; les contacts 3 et 4 se ferment, la ligne est bouclée et l'utilisateur perçoit le signal de numérotage. Le jeton, resté en M à la base de la glissière mobile, maintient la balance dans la position indiquée (fig. 2). Le jeton ne pourra quitter cette position provisoire que si la glissière mobile subit un déplacement : si ce déplacement a le sens de la flèche F, le jeton tombera dans la caisse ; si ce déplacement a le sens F', le jeton tombera dans la sébille de remboursement.

A la fermeture des contacts 3 et 4, le bobinage du relais moteur RE est parcouru par le courant de la batterie centrale du bureau, par exemple dans le sens indiqué par la flèche C sur le schéma électrique (fig. 3). Le relais moteur RE se compose d'un aimant permanent dans le champ duquel est placée une armature N (fig. 2) portant un bobinage orienté à la façon d'un cadran de galvanomètre. Sous l'action du courant de la batterie centrale, l'armature tourne dans le sens de la flèche F, par exemple, et vient heurter un bras solidaire du cliquet J qui se verrouille par le cliquet P. La glissière

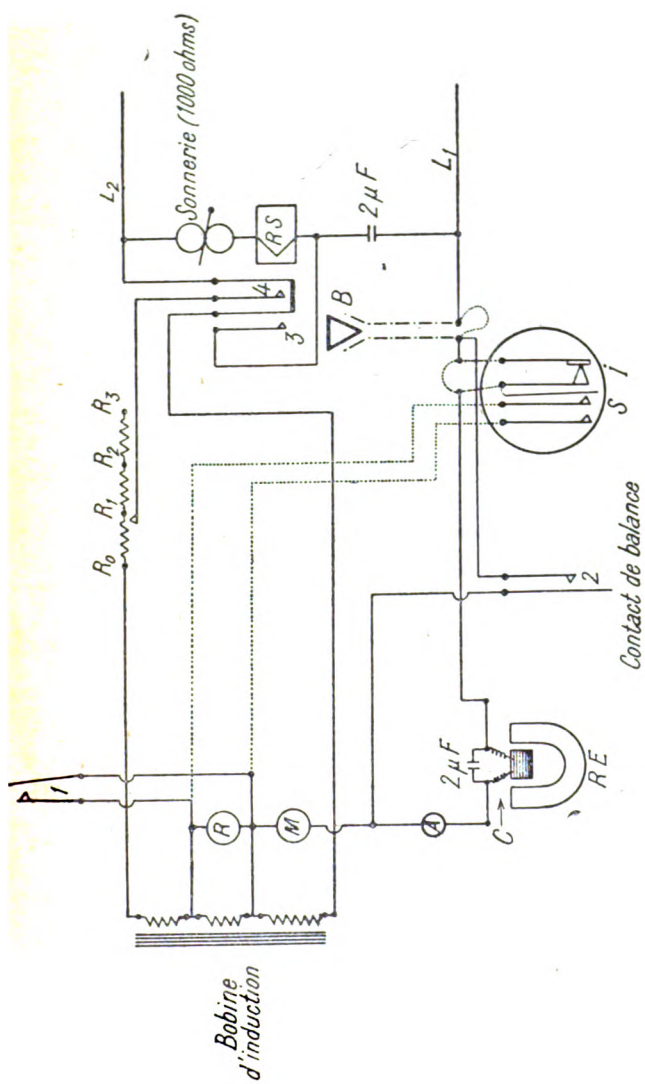


Fig. 3. — Taxiophone fonctionnant dans les réseaux manuels ou automatiques et donnant l'inversion à la réponse du demandé.

- A, microphone auxiliaire, R, récepteur,
 B, bouton de rappel en exploitation manuelle, RE, relais moteur d'encalassement,
 RS, relais supplémentaire, RS, relais supplémentaire,
 1, contact ouvert seulement lorsque le passage d'un courant d'appel dans le relais RS, et ramenés au repos (ouverts) au raccrochage, S, ressorts de commutation du disque d'appel,
 I, ressorts d'impulsion du disque d'appel.

Exploitation manuelle : le bouton de rappel est en place, ainsi que le câblage en traits mixtes.
 Exploitation automatique : le bouton de rappel est supprimé.

mobile, libérée par le cliquet J, est encore maintenue par le cliquet H.

Cependant l'usager compose sur le cadran d'appel le numéro de son correspondant ; pendant l'envoi de chaque train d'impulsions, les ressorts de commutation S du cadran (fig. 3) mettent en court-circuit le relais moteur RE et le microphone auxiliaire A.

A la réponse du correspondant, le courant de la batterie centrale est renversé ; sous l'action de cette inversion, l'armature du relais-moteur tourne dans le sens de la flèche F' (fig. 2) et vient heurter le cliquet H qui libère la glissière mobile : celle-ci, sous l'action du contrepoids A₁, tourne dans le sens de la flèche F : le jeton est encaissé ; la manivelle de commande du compteur Q accompagne le bras A₃, et le compteur enregistre une unité ; la balance, allégée du poids du jeton, revient au repos, et le contact 2 se ferme, court-circuitant, pendant la conversation, le relais-moteur et le microphone auxiliaire. A la fin de la communication, l'usager raccroche, et ce mouvement ramène tous les organes dans la position indiquée (fig. 1).

Si l'abonné demandé n'est pas libre ou ne répond pas, le courant qui parcourt le relais RE n'est pas inversé. Le raccrochage fait tourner la glissière mobile dans le sens de la flèche F' : le jeton demeuré sur la balance est remboursé ; tous les organes sont ensuite ramenés au repos.

On a supposé que, pour effectuer son appel, l'usager décroche avant d'introduire son jeton ; si l'introduction du jeton précède le décrochage, la libération de la glissière mobile se fait de la manière suivante. La goupille R₁, solidaire du levier R et disposée en travers de la fente d'introduction du jeton, est déplacée vers la droite par l'introduction du jeton ; la bielle R₂, chassée vers le bas, vient peser sur l'extrémité B₁ de la bielle B, qui bascule autour de l'axe B₀ et laisse échapper la goupille A₂ ; la glissière mobile vient occuper la position indiquée sur la figure 2 et le jeton est retenu à sa base dans la position d'encaissement provisoire. La fermeture de la ligne en 3 et 4 n'est cependant réalisée qu'après décrochage, le déplacement de la came E étant commandé par cette opération.

Dans le cas d'une communication d'arrivée, le relais RS placé en série sur la sonnerie est actionné par le courant d'appel ; le dépla-

cement de son armature, solidaire du cliquet K, provoque le déverrouillage du ressort G : au décrochage, la continuité de la ligne est ainsi réalisée en 3 et 4 sans qu'il soit nécessaire d'introduire un jeton dans l'appareil.

Dans le cas où l'usager compose sur son cadran le numéro d'un abonné de banlieue, il se trouve mis en relation avec une téléphoniste spéciale dont la réponse ne provoque pas l'inversion de courant : le second jeton introduit par l'usager à la demande de la téléphoniste rencontre un timbre T, dont les vibrations, recueillies par un microphone auxiliaire A, sont perçues par la téléphoniste ; le second jeton tombant à l'intérieur de la glissière mobile est aiguillé dans une seconde glissière placée en arrière de la glissière occupée par le premier jeton et solidaire de celle-ci (c'est la présence du premier jeton dans la glissière d'avant qui fait fonctionner l'aiguillage). Le deuxième jeton est arrêté à la base de la seconde glissière par une goupille portée à l'extrémité du fléau d'une seconde balance, dont le rôle est le suivant. Lorsque la seconde balance n'est pas chargée d'un jeton (cas d'une communication urbaine envisagé tout d'abord), une goupille portée par cette seconde balance limite l'amplitude du déplacement que subit la glissière mobile libérée par l'inversion de courant à la réponse du demandé ; l'amplitude du déplacement du bras de commande A₂ du compteur Q est également limitée, et le compteur marque une seule unité. Au contraire, lorsque la seconde balance est chargée par un jeton (cas d'une communication de banlieue), la goupille portée par cette seconde balance est chassée vers le bas et ne limite pas, au moment de l'inversion de courant, l'amplitude du déplacement de la glissière mobile ; l'amplitude du déplacement du bras de commande du compteur est également plus grande que dans le cas précédent, et le compteur marque deux unités. D'ailleurs, les deux jetons, tous deux encaissés dans le cas où l'inversion se produit, sont tous deux remboursés au moment d'un raccrochage si la communication n'a pas abouti.

* * *

On voit par cette rapide description que l'appareil réalisé par la société « Le Taxiphone » satisfait à toutes les conditions imposées

par l'administration ; il présente, en outre, un certain nombre de particularités intéressantes, que nous allons passer en revue.

Sitôt après son introduction dans la fente de l'appareil, le jeton, avant de tomber dans la glissière mobile, est guidé par une glissière fixe disposée de façon à rejeter les pièces qui auraient un diamètre ou une épaisseur inférieurs au diamètre ou à l'épaisseur du jeton réglementaire ; comme, d'autre part, la fente d'accès est exactement calibrée aux dimensions de ce dernier, l'appareil ne peut recevoir que des jetons ayant exactement les dimensions requises. En outre, le contrepoids porté par la balance est calé dans une position telle, qu'un jeton plus léger que le jeton normal ne maintient pas la balance écartée de sa position de repos et ne réussit pas, par conséquent, à rompre au contact 2 le court-circuit des ressorts d'impulsion du disque d'appel.

L'appareil comporte une seule fente d'admission du jeton. Par ailleurs, l'introduction du jeton et le décrochage peuvent avoir lieu dans un ordre quelconque. Toute chance de fausse manœuvre de la part de l'utilisateur se trouve donc éliminée.

L'encaissement du jeton est obtenu automatiquement par l'inversion du courant qui accompagne la réponse de l'abonné demandé. Mais le fonctionnement de l'appareil n'est pas compromis si les deux fils de ligne se trouvent permutés pour une cause quelconque : le déverrouillage de la glissière mobile nécessite, en effet, le déplacement successif des deux cliquets J et H par l'armature du relais moteur ; mais cette dernière peut agir sur les deux cliquets dans un ordre quelconque, si bien que le fil L_1 (fig. 3) du poste à prépayement peut, au repos, être relié indifféremment au pôle positif ou au pôle négatif de la batterie centrale. D'autre part, les déplacements de l'armature du relais moteur ont une grande amplitude et ses mouvements sont freinés : l'inversion de batterie ne provoque l'encaissement que si elle est prolongée : on est aussi à l'abri des encaissements intempestifs, causés dans certains cas par des inversions de courant prématurées ou fugitives.

Comme on l'a vu plus haut, l'appareil est muni d'un compteur unique, dont les indications concordent rigoureusement avec les indications du compteur du bureau central.

Il est à remarquer que, lorsque l'utilisateur appelle un service spécial, la réponse de ce service ne s'accompagne pas d'une inversion de courant, de sorte que l'utilisateur recouvre, au moment du raccrochage, le jeton introduit dans l'appareil.

* * *

Le nouveau poste téléphonique « Taxiphone » peut être utilisé, moyennant de légères modifications, dans le cas d'un réseau manuel donnant l'inversion de courant à la réponse du demandé : le cadran d'appel est alors supprimé. Le mode d'exploitation est le même que dans le cas d'un réseau automatique, les manœuvres du cadran étant simplement remplacées par l'énoncé verbal du numéro demandé. L'administration française exige que l'utilisateur puisse, au cours de la communication, rappeler la téléphoniste (en cas de faux numéros, par exemple) par des éclats cadencés de la lampe de supervision. Comme l'abaissement du crochet commutateur provoque l'ouverture définitive de la ligne aux contacts 3 et 4, l'utilisateur ne doit pas se servir du crochet commutateur pour effectuer le rappel : un bouton spécial B (fig. 3), logé à l'emplacement du cadran d'appel, est à sa disposition pour cet usage ; la construction de ce bouton est telle, qu'en l'actionnant le demandeur ne puisse produire sur la ligne que des interruptions de durée limitée ; ce bouton de rappel ne permet aucune fraude.

L'abaissement du crochet commutateur produit simultanément la rupture de la ligne aux contacts 3 et 4 (fig. 2) et le verrouillage d'un des ressorts G qui assurent ce contact. Pour éviter qu'en cas de dérèglement de l'appareil (la rupture de la ligne aux contacts 3 et 4 et le verrouillage du ressort G n'étant plus simultanés) l'utilisateur ne puisse, par un déplacement du crochet commutateur, simuler un raccrochage en fin de communication et effectuer ensuite, sans nouveau versement, un second appel, le contact 1, actionné par une came solidaire de l'arbre C, court-circuite le récepteur du poste dès l'origine du mouvement de raccrochage : l'utilisateur ne peut ainsi, au cours de sa tentative de fraude, être guidé par les bruits qu'il perçoit dans le récepteur pour régler l'amplitude des déplacements du crochet commutateur.

* * *

L'installation du nouveau taxiphone dans les réseaux en cours de transformation (le réseau de Paris, en particulier) s'est heurtée à une difficulté due à la coexistence de bureaux automatiques et de bureaux manuels. Lorsque la communication demandée par un taxiphone, rattaché à un bureau automatique, est destinée à un abonné d'un bureau manuel, il peut arriver qu'au cours des manœuvres effectuées, dans ce dernier bureau, par la téléphoniste d'arrivée, une boucle fugitive se produise sur la ligne de l'abonné demandé au moment de l'enfichage du monocorde utilisé ; les organes du bureau automatique de départ passent de ce fait dans la position qu'ils ne devraient occuper qu'après la réponse effective de l'abonné demandé : l'inversion de batterie devient alors définitive sur la ligne du taxiphone demandeur, et les jetons sont encaissés même si la communication n'aboutit pas.

Pour éviter cet inconvénient, on a jugé prudent, dans le réseau de Paris, de munir à titre provisoire le nouveau taxiphone d'un bouton d'encaissement dont le rôle est le suivant : le relais d'encaissement, actionné par l'inversion de batterie, déverrouille bien la glissière mobile, mais celle-ci ne prend qu'un déplacement de faible amplitude, dont la seule conséquence est la mise en court-circuit du microphone principal ; pour rompre ce court-circuit, l'usager doit actionner le bouton d'encaissement, manœuvre qui libère complètement la glissière mobile et amène la chute des jetons dans la caisse. Au cas où l'inversion de batterie serait provoquée par une boucle fugitive au bureau manuel d'arrivée, l'usager peut ainsi, en cas de non-réponse ou pas-libre, recouvrer, au moment du raccrochage, les jetons introduits dans l'appareil.

* * *

Avec le nouveau poste taxiphone, les manœuvres du demandeur sont rendues aussi simples que possible, caractéristique précieuse si l'on tient compte de l'inexpérience d'une partie des usagers.

L'appareil a été étudié pour déjouer toute fraude et pour éviter tout incident dû à une fausse-manceuvre du demandeur. Enfin son bon fonctionnement n'est pas compromis par les différentes circonstances accidentelles (permutation des fils en ligne, inversion fugitive de courant qui se produisent parfois sur les réseaux téléphoniques.

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Sur des analogies gyroscopiques de l'induction mutuelle et des fuites magnétiques (BERNARD SALOMON, *C.R. acad. sciences*, 26 août 1929). — 1. *Moteur monophasé d'induction*. — L'appareil déjà décrit ⁽¹⁾, hypothèses et notations subsistant, mais avec cadre AB fixe ($\alpha = 0$) est un *moteur gyroscopique asynchrone monophasé*, de couple :

$$C_m = \frac{m}{8} \cdot \frac{(Cu'_{\max})^2 R (\omega - \omega_1)}{R^2 + C^2 (\omega - \omega_1)^2} - \frac{m}{8} \cdot \frac{(Cu'_{\max})^2 R (\omega + \omega_1)}{R^2 + C^2 (\omega + \omega_1)^2}.$$

2. *Induction mutuelle entre deux circuits fixes*. — Sur l'axe b. s'appliquent les couples alternatif donné K et résistant — $R_1 \dot{\psi}'$. On bloque le rotor (à gyroscope unique) : les équations

$$K = R_1 \dot{\psi}' + (A \sin^2 \theta_0 + C \cos^2 \theta_0) \frac{d}{dt} (\dot{\psi}') + C \cos \theta_0 \frac{d}{dt} (\dot{\gamma}'),$$

$$0 = R \dot{\gamma}' + C \frac{d}{dt} (\dot{\gamma}') + C \cos \theta_0 \frac{d}{dt} (\dot{\psi}')$$

transposent les relations classiques.

3. *Fuites magnétiques et moments d'inertie*. — Aux coefficients de Hopkinson r_1 et r_2 correspondent les quantités

$$n_1 = \frac{A \sin^2 \theta_0 + C \cos^2 \theta_0}{C \cos \theta_0}$$

et $n_2 = \frac{1}{\cos \theta_0}$ à σ , la quantité $s = \frac{A \sin^2 \theta_0}{A \sin^2 \theta_0 + C \cos^2 \theta_0}$, égale à 1 pour $C = 0$.

1. *Annales des P.T.T.*, juillet 1928. Il s'agissait de gyroscopes non pas entretenus, mais mobiles avec frottement dans leurs paliers et recevant, par adhérence, des rotations propres alternatives.

Le maximum de s est alors touché (gyroscope réduit à une aiguille). Aux flux de fuite, correspondent des moments cinétiques inutiles.

4. *Généralisations* : transformateur de rapport $\frac{1}{p}$, transformateur de nombre de phases. — Modifions l'appareil du paragraphe 2 : dans

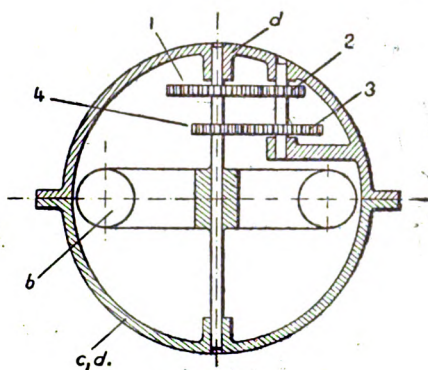


Fig. 1.

le palier d (fig. 1), tourillonne le pignon 1, commandant, grâce aux pignons 2 et 3, le pignon 4 lié au gyroscope.

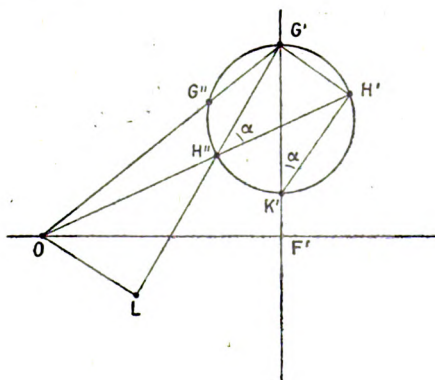


Fig. 2.

φ' et φ'_p étant les vitesses de rotation propre du gyroscope et du pignon 1, on a, par construction, $\varphi' = p \cdot \varphi'_p$ ($p = \text{constante}$).

Un couple — $R_p \varphi'_p$ caractérise le frottement dans le palier d.

Pour $R_1 = s = 0$, on a : $V = -R_p \varphi'_p = pK$.

Plus généralement, par n_1 phases au primaire et n_2 phases au secondaire, on pourrait avoir transformateur de nombre de phases.

5. *Diagramme du cercle.* — Soit (cas du paragraphe 2) un couple primaire sinusoïdal K constant sur l'axe des i'_1 et $p = 1$: le diagramme mécanique (fig. 2) exprime : $\overline{OF'} = R$; $\overline{F'G'} = (A \sin^2 \theta_0 + C \cos^2 \theta_0) \omega$, correspondant à $L_1 \omega$; $\overline{F'K'} = s (A \sin^2 \theta_0 + C \cos^2 \theta_0)$ correspondant à $\sigma L_1 \omega$, $\overline{OL} = H i'_{1\max} \sin \alpha$ ($H = \text{constante}$).

$\overline{OG''}$ donne $i'_{1\max}$ quand le gyroscope est bloqué dans ses paliers.

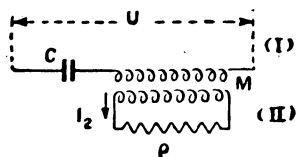


Fig. 3.

6. *Transposition d'un système à intensité constante.* — Transposons, par exemple, le schéma de la figure 3 (1) : dans l'appareil du paragraphe 2, le cadre BC est rappelé élastiquement par un couple — $\frac{1}{E} i'_1$. Le couple K

et ω sont constants et l'équipage BC mis en résonance. On a :

$$K = (C \cos \theta_0) \omega \varphi'_{\max} = (C \cos \theta_0) \omega^2 \varphi_{\max} = \text{constante.}$$

Le gyroscope oscille à amplitude constante quand varie R.

Les progrès de l'automatisation du réseau téléphonique de Stockholm (A. Lignell, *L.-M. Ericsson review*, n°4-6 1929). — Le premier central automatique de Stockholm, « Norra Vasa », du système L.-M. Ericsson, fut mis en service en janvier 1924. Il fut monté à cette époque pour 5.000 numéros. Ce central fut porté ensuite à sa pleine capacité, 10.000 numéros, dont actuellement 6.700 sont occupés par des abonnés. Le deuxième central automatique, « Kungsholmen », fut mis en service au mois de mai 1928. La pleine capacité de ce central est de 25.000 numéros ; mais il est maintenant monté pour 15.000 lignes, dont 10.400 sont occupées par des abonnés. L'on s'occupe actuellement de transférer le central à batterie locale

1. Système du genre de ceux de M. Boucherot, indiqué par M. Béthenod.

le plus ancien de Stockholm et le seul de ce système restant encore maintenant, le central de « Skeppsbro », avec 11.000 abonnés environ, dans le central automatique aménagé pour 20.000 abonnés dans le bâtiment des téléphones de Jakobsbergsgatan. Après ce transfert, 28.000 lignes environ seront automatisées, sur les 100.000 lignes d'abonnés qui représentent actuellement le réseau téléphonique de Stockholm, ce dernier chiffre étant du reste quelque peu dépassé.

L'automatisation se poursuivra plus rapidement par la suite. Deux centraux, tout d'abord, de 30.000 numéros chacun, viennent d'être commandés à L.-M. Ericsson. L'un de ceux-ci, le central « Söder », sera mis en service au début de 1931, et le second, « Södra Vasa », au début de 1932. « Söder » a actuellement 20.400 abonnés et « Södra Vasa » 17.800, ce qui fait qu'au milieu de 1932 l'on compte que 70.000 abonnés au moins jouiront d'un service téléphonique entièrement automatique.

Les deux centraux actuels d'« Östermalm », centraux qui comptent un ensemble de 14.100 abonnés, seront réunis en un central automatique commun en 1933 ; et le dernier central, « Norr », avec actuellement 18.200 abonnés, sera automatisé finalement le plus tôt possible, probablement pendant l'année 1934. Cette dernière automatisation dépend cependant de l'époque où la question actuellement pendante du local à affecter à ce central sera définitivement résolue.

Outre les centraux téléphoniques locaux ci-dessus mentionnés, le réseau téléphonique de Stockholm destiné au trafic local comprend un central PBX, dénommé « Gruppstation », et un central d'appel nominatif.

Le central PBX auquel sont raccordés les organes de sélection et de connexion, avec au moins les trois lignes qui sont nécessaires au dispositif PBX, est jusqu'à présent actionné à la main. Pour les communications venant des abonnés, les lampes indicatrices d'appel et les jacks sont multipliés, de façon que les appels provenant des abonnés soient reçus par l'une quelconque des neuf opératrices de chaque section. Lorsqu'il s'agit au contraire des communications adressées aux abonnés, les lignes sont placées par groupe de cinq, accessibles à toutes les opératrices. Ce central PBX comprend actuel-

lement 342 abonnés, possédant ensemble 1487 lignes. Ce central sera automatisé une de ces prochaines années. La question de savoir si ces abonnés à groupe de lignes continueront à être centralisés dans un des centraux du secteur « Norr » ou seront répartis dans les centraux des secteurs respectifs est actuellement à l'étude. Etant donné que la grande majorité et les plus importants de ces abonnés se trouvent dans le secteur « Norr », il est probable que l'on s'entendra à la centralisation actuelle. On évitera ainsi l'organisation des groupes de lignes aux autres centraux, dans lesquels le nombre des lignes PBX est peu important.

La raison qui fait qu'il y a relativement peu d'abonnés et peu de lignes dans le central à groupe de lignes est que l'on possède à Stockholm un central spécial aux abonnés à appel nominatif. L'appel nominatif est considéré ici par les grandes entreprises et les affaires comme un procédé de réclame d'une valeur toute particulière. Pour téléphoner à un abonné à appel nominatif, les abonnés en trafic manuel n'ont qu'à demander le nom correspondant, nom qui est celui de la maison elle-même ou une abréviation habituellement employée de ce nom et, s'il s'agit d'un service automatique, ces abonnés n'auront qu'à prendre le chiffre 0 sur leur disque combinateur, chiffre le plus près de la butée de ce disque, pour trouver automatiquement une opératrice libre au central des appels nominatifs. Le nombre des abonnés à appel nominatif est actuellement, à Stockholm, de 306 avec 2.044 lignes, lignes qui fonctionnent exclusivement pour les communications à envoyer aux abonnés à appel nominatif. L'opératrice choisit une ligne libre dans le groupe par une opération visible de test. Les lignes destinées aux communications provenant des abonnés à appel nominatif, actuellement 1.667, aboutissent dans les centraux de secteur respectifs. La taxe d'appel nominatif est, à Stockholm, de 800 couronnes par an. Il faut, pour pouvoir être appelé nominativement, payer au moins 1.000 couronnes par trimestre *d'autres taxes d'abonnement*. Si ces autres taxes n'atteignent pas la somme ainsi fixée, l'abonné nominatif devra en verser la différence. Les taxes prévues pour les appels nominatifs sont donc très élevées ; mais cette mesure est nécessaire si l'on veut n'avoir qu'un nombre raisonnable de ces appels spéciaux. Le central des appels

nominatifs sera pourvu, dans l'avenir, de commutateurs semi-automatiques (jeux de boutons connecteurs), modification qui se fera conjointement avec le transfert du central dans un autre local.

Les autres services spéciaux du réseau local de la ville, « Nummerbyran » (bureau des renseignements), « Förmedlingsbyran » (bureau des réclamations), « Telefonkön » (mise à la suite) et « Drokstationen » (auto-places), sont servis par le central des appels nominatifs et ne sont pas touchés par l'automatisation.

Le nombre des appareils a fait preuve, à Stockholm, en 1928, d'une augmentation nette de 4.537 appareils, soit 3,9 %. Ce nombre est actuellement de 121.999, soit 30,15 appareils par 100 habitants.

Le trafic qui provient des abonnés transférés est suivi au tableau commutateur de contrôle du central automatique. Une lampe blanche correspond, à ce tableau, à chacun des enregistreurs du central, et chaque lampe blanche s'allume lorsqu'un abonné appelant saisit l'enregistreur correspondant. Les lampes blanches s'éteignent lorsque les communications sont établies ou lorsque, sans attendre, les abonnés ont raccroché leur combiné.

Si un enregistreur reste occupé trop longtemps, pour une raison quelconque, si un abonné prend sur son disque combinateur un nombre insuffisant de chiffres, s'il se produit une défectuosité technique ou si un abonné forme une combinaison de chiffres qui ne se trouve pas dans l'enregistreur, une lampe rouge correspondant à l'enregistreur visé s'allume, dans les trois premiers cas après 24 secondes, et dans le dernier cas immédiatement.

La lampe rouge de l'enregistreur indique donc que les accouplements ont été retardés ou se sont arrêtés pour une raison quelconque. Dans la plupart des cas, la raison en est à chercher chez l'abonné lui-même. Il serait donc incompréhensible de rechercher la raison d'une défectuosité marquée par la lampe rouge d'un enregistreur sans avoir au préalable fait une distinction entre la faute de l'abonné et la défectuosité technique. Cette distinction se fait de la manière suivante au tableau commutateur de contrôle. Lorsque la lampe rouge de l'enregistreur s'allume, la personne chargée du contrôle presse sur le bouton de l'enregistreur et demande à l'abonné le numéro avec lequel il désire communiquer. Lorsque l'abonné a reçu les expli-

cations voulues, l'enregistreur est remis au repos et l'abonné est **prié** de combiner le numéro considéré. L'on utilise les mêmes **chercheurs**, enregistreur et sélecteurs de groupe I. La combinaison des chiffres est suivie sur un tableau de contrôle couplé à la ligne. L'opératrice peut donc savoir si l'abonné a pris normalement les chiffres voulus et entendre si le numéro désiré a été obtenu. Si l'on obtient un **numéro** erroné ou si la communication ne peut se réaliser bien que le tableau de contrôle ait prouvé que le numéro a été régulièrement formé, on bloque les appareils de couplage et l'on recherche immédiatement la raison de cette défectuosité. L'opératrice peut également aider l'abonné à prendre ses chiffres au moyen du disque combinateur du tableau commutateur de contrôle. Si l'abonné a décroché son combiné mal à propos et que l'enregistreur ait été ainsi bloqué, l'opératrice envoie un signal brusque afin d'appeler l'attention de l'abonné. Le tableau commutateur de contrôle a quatre positions d'opératrice destinées au contrôle ci-dessus mentionné. Les mêmes positions sont utilisées après que le transfert a été effectué pour le contrôle de la sûreté de l'exploitation et des délais d'accouplement, ce dont il sera traité plus loin.

Outre ces quatre positions, le tableau commutateur de contrôle a deux positions destinées au « **contrôle individuel** », c'est-à-dire au contrôle de toutes les communications établies par une ligne d'abonné déterminée. Chaque position a la possibilité de prendre sous sa surveillance complète dix lignes d'abonné tant pour les communications allant vers l'abonné, que partant de ce dernier. Les positions sont également pourvues, à cet effet, de tableaux destinés au contrôle de la prise des chiffres voulus. Ces positions sont utilisées pour les abonnés qui se plaignent de défectuosités et de perturbations dans le service, ainsi que pour les réclamations qui portent sur le compte des conversations en vue de l'établissement des taxes. Grâce à ce tableau commutateur de contrôle, ces divers incidents peuvent être complètement élucidés, et c'est là un excellent moyen de défendre ses droits contre la partie heureusement très faible de la clientèle qui a la spécialité de se plaindre, sans s'occuper de savoir si ses réclamations sont ou non fondées.

Nous avons déjà dit que les tableaux commutateurs de contrôle

étaient également utilisés pour le contrôle permanent de la sûreté de l'exploitation ainsi que des délais nécessaires aux accouplements et aux jonctions des lampes indicatrices des stations manuelles. Le contrôle permanent de la sûreté de l'exploitation, dans un système automatique, est d'une singulière importance, puisque, si ce contrôle est bien organisé, on peut être exactement renseigné sur les conditions véritables du trafic. Il ne suffit pas, dans un système automatique, de s'en tenir au nombre des défauts annoncés et réparés et, si ce nombre est faible, d'en conclure que le service se développe de la manière la plus satisfaisante. Les défauts peuvent, en effet, subsister pendant un temps plus ou moins long avant qu'il n'y soit remédié et même que l'on ne les ait remarquées, ce qui leur permet de causer des perturbations assez importantes dans le trafic. Les défauts découverts en cours de contrôle sont en grande partie localisés et immédiatement réparés, en même temps que l'on se rend compte des faiblesses qui peuvent survenir dans les différents dispositifs. L'on est de plus continuellement averti de l'habileté avec laquelle les abonnés établissent leurs communications, du pourcentage des « occupations » et des « absences de réponse » ainsi que de celui des appels manqués pour cause de défauts dans le système automatique lui-même, sur la ligne d'abonné ou dans l'appareil de l'abonné. L'on peut également se rendre compte de la mesure dans laquelle les autres abonnés ont été troublés par les erreurs des abonnés ou par les défauts survenues dans les dispositifs techniques. En ce qui concerne ces dernières, on peut dire que le contrôle de la sûreté de l'exploitation fonctionne en vérificateur général et consciencieux ainsi qu'en éliminateur des défauts des différents organes dans leur ensemble.

Le contrôle journalier du trafic téléphonique se fait de deux manières :

A) Recours à la lampe blanche de l'enregistreur (la lampe s'allume lorsque l'enregistreur est saisi par le chercheur) ;

B) Recours à la lampe rouge de l'enregistreur (la lampe s'allume lorsque l'enregistreur est occupé trop longtemps ou lorsqu'il se produit un défaut de la faute de l'abonné ou du système lui-même).

Pour le contrôle A), contrôle proprement dit de la sûreté de

l'exploitation, on relie la position de contrôle au circuit lorsque la lampe blanche de l'enregistreur s'allume. Ces accouplements sont du même nombre pour chacun des enregistreurs du central. L'on suit alors complètement les opérations relatives à l'établissement de la communication et le résultat en est porté sur les statistiques, même si la lampe rouge s'allume pendant le cours des opérations. L'enregistreur de contrôle de la combinaison des chiffres par l'abonné doit être également couplé. On n'écoute que le début de la conversation, afin seulement de pouvoir constater que l'abonné appelant a bien abouti au numéro désiré, ou bien, en cas d'erreur, le numéro avec lequel l'accouplement a eu lieu. Les accouplements contrôlés sont portés sous une des rubriques ci-dessous dans la forme prescrite :

Communications régulièrement établies. — Le contrôle peut conclure de la conversation elle-même que l'abonné a bien reçu le numéro désiré.

Changement de numéros ou autres particularités. — L'opératrice avise l'abonné de ce que le numéro est changé, vacant ou bloqué, si du moins l'abonné a opéré correctement.

Absence de réponse. — La sonnerie d'appel s'est fait entendre, mais l'abonné appelé n'a pas répondu avant que l'abonné appelant n'ait remis en place son combiné.

Occupation. — Le signal vibratoire d'occupation s'est fait entendre.

Erreur provenant de l'abonné. — L'abonné a mal combiné le numéro désiré ; cette erreur peut être constatée si le numéro combiné par l'abonné répond ou si l'opératrice s'est reliée à la ligne pour dire que le numéro combiné est changé, vacant ou bloqué.

L'abonné a combiné un numéro qui ne se trouve pas dans l'enregistreur ; la lampe rouge de l'enregistreur s'est alors allumée immédiatement.

L'abonné a pris un nombre de chiffres insuffisant.

L'abonné confond 0, 8 et 9, chiffres respectifs de l'appel nominatif, du trafic rapproché et du trafic interurbain, ou prend un autre chiffre lorsqu'il veut communiquer par une de ces voies spéciales.

Erreur de la part de l'opératrice. (Correspondance avec les centraux manuels). — Erreurs d'accouplement, lorsqu'on peut vrai-

semblablement constater que l'erreur provient de l'opératrice.

Défectuosités dans les dispositifs techniques. — L'abonné a bien combiné le numéro désiré, mais :

- 1) il a été mis en communication avec un mauvais numéro ;
- 2) il n'a pas été accouplé, ou il s'est produit d'autres erreurs.

Parmi toutes ces défectuosités, on marque chaque jour le nombre de celles qui ont provoqué un signal erroné auquel il a été répondu. Ces erreurs sont portées dans les tableaux à deux endroits différents, colonnes respectives des erreurs et colonnes des signaux erronés. On marque comme signaux à faux les appels pour lesquels la lampe blanche de l'enregistreur s'est allumée :

- 1) sans qu'ils soient suivis d'un accouplement ;
- 2) lorsque les opérations d'accouplement ont commencé, mais l'abonné a remis en place son combiné sans parachever l'établissement de la communication.

Dans le cas où l'erreur ne provient pas du fait de l'abonné, on bloque les organes de couplage et l'on prévient immédiatement le service des défectuosités du central. Les organes restent bloqués jusqu'à ce que le monteur chargé de la réparation ait annoncé, après avoir localisé la défectuosité, que le blocage des appareils peut prendre fin.

Pour le contrôle B), l'opératrice qui se relie au jack de contrôle de l'enregistreur, lorsque la lampe rouge s'allume, demande à l'abonné le numéro qu'il désire. L'abonné reçoit éventuellement les instructions dont il a besoin, l'enregistreur est remis en position de repos, l'enregistreur de contrôle est raccordé au circuit, et l'abonné est prié de renouveler son appel, les opérations étant suivies de la manière indiquée sous A.

Les contrôles A et B sont portés sur des états différents. Les indications relatives à la lampe rouge de l'enregistreur, lenteur des accouplements, erreur provenant d'une raison quelconque, sont portées seulement sous les rubriques « nombre total des accouplements contrôlés », « erreurs provenant de l'opératrice », « défectuosités dans les dispositifs techniques ». Les résultats obtenus dans le contrôle de la sûreté de l'exploitation, pendant les mois de janvier et de février de cette année, effectuée dans notre central automatique « Norra Vasa », central le plus ancien de tous et qui est main-

tenant en service depuis cinq ans, ressortent du tableau ci-dessous, comparativement à l'exploitation manuelle :

	Exploitation automatique.		Exploitation manuelle.
	Janvier.	Février.	
Nombre total des appels contrôlés	5,935	4,246	8,263
Communications établies	80,53 %	80,15 %	75,48 %
Occupation	9,74 %	9,51 %	10,72 %
Absence de réponse	6,55 %	7,23 %	9,86 %
Erreurs de l'abonné	2,97 %	2,92 %	1,93 %
Erreurs de l'opératrice	0,02 %	0,00 %	1,85 %
Défectuosités dans les dispositifs techniques	0,19 %	0,19 %	0,16 %
	100,00 %	100,00 %	100,00 %

Il résulte de ces chiffres que les appels exactement effectués ont été, pour l'exploitation automatique, en janvier 96,82 % et en février 96,89 %, tandis que pour l'exploitation manuelle, ils ont été de 96,06 %, ceci sous la réserve que l'on n'ait pas reçu un son vibratoire d'occupation erroné ou que le manque de réponse n'ait pas été causé par le fait que le signal n'est pas arrivé à l'abonné. Il faut remarquer que tous les numéros qui ne sont pas affectés à un abonné sont rassemblés en groupe avec une lampe pour chaque groupe dans le tableau commutateur de jonction interurbain, de sorte que, lorsque l'on appelle un numéro sans affectation, l'on reçoit la réponse de l'opératrice du tableau commutateur de jonction. Le pourcentage des réponses d'occupation ou inexistantes correspond cependant à celui qu'une longue expérience et un contrôle spécial du fonctionnement du système automatique ont démontré être le pourcentage normal.

La différence entre le manque de réponses, dans l'exploitation manuelle 9,86 % et dans l'exploitation automatique 6,55 % à 7,23 %, soit 3,31 à 2,43 % en faveur du système automatique, paraît provenir de la répétition des signaux d'appel, répétition qui ne se produit pas dans l'exploitation manuelle. Le pourcentage relativement

élevé du manque de réponse dans les deux systèmes automatiques et manuels provient du grand nombre des appareils téléphoniques particuliers du réseau de Stockholm : environ 52 % des téléphones de Stockholm sont en effet installés dans les domiciles privés, et il est naturellement plus fréquent que pour les téléphones de gens d'affaires que les personnes ne se trouvent pas chez elles au moment où on les appelle.

Les appels erronés par suite de fautes incombant à l'abonné, à l'opératrice ou aux dispositifs techniques ressortent dans le système automatique à 3,18 et 3,11 %, contre 3,94 % pour le système manuel. La part des abonnés dans le pourcentage des erreurs précitées, soit 2,97 et 2,92 % dans le système automatique, diminuera au fur et à mesure des progrès de l'automatisation, lorsque les abonnés téléphoniques seront tout à fait familiarisés avec le maniement de leur disque combinateur.

Les erreurs qui, pendant le mois de janvier, ont été causées par les dispositifs techniques, soit 0,19 %, ont été localisées dans des organes déterminés du central automatique 0,05 %, dans les lignes extérieures 0,02 %, ou non localisées dans un organe spécial 0,12 %. Pendant le mois de février, le pourcentage des erreurs provenant des dispositifs techniques a été également de 0,19 %, dont 0,05 localisées dans les organes du central automatique et 0,14 % non localisées. Parmi les erreurs non localisées, soit 13 erreurs au total pendant les deux mois, 5 pour chacun de ces deux mois sont survenues par suite de défauts dans les communications avec les centraux manuels, c'est-à-dire particulièrement difficiles à localiser. Sur les 3 erreurs restantes, 2 en janvier et 1 en février ont été localisées dans le central automatique, l'organe lui-même n'ayant pu être déterminé.

Les abonnés qui, en exploitation automatique, ont été dérangés par des appels erronés provenant de l'abonné appelant se sont élevés, pendant les mois de janvier et de février, respectivement à 1,85 et 1,77 % du nombre des appels, tandis que les mêmes erreurs provenant du service lui-même et des dispositifs techniques ont été de 0,02 et 0 %.

Les abonnés qui ont décroché sans composer de numéros (signal à faux) ont atteint un pourcentage de 1,71 et 1,33 %, et ceux qui ont remis en place leur combiné avant de terminer la combinaison d'un numéro, 2,74 et 3,17 %, respectivement du nombre total des appels et des signaux à faux.

INFORMATIONS.

Le service téléphonique dans le département de Seine-et-Oise. — Au point de vue téléphonique, dans ses rapports avec Paris, le département de Seine-et-Oise est divisé en trois zones :

la *zone suburbaine*, comprenant St-Cloud, Sèvres et Bellevue-Meudon ;

la *zone régionale*, englobant, sauf exception, les réseaux dont les communications avec Paris sont taxées un franc ;

la *zone interurbaine*, desservie, pour ses relations avec Paris, dans les mêmes conditions que les réseaux des autres départements du territoire.

Zone suburbaine. — St-Cloud est actuellement doté d'un multiple. L'administration prévoit, pour 1932, le groupement de Sèvres et Bellevue-Meudon en un seul bureau automatique, qui sera en liaison directe avec Paris et s'appellera « Observatoire ».

Zone régionale. — Les communications téléphoniques de la zone régionale vont être améliorées considérablement par la mise en service de circuits au fur et à mesure des besoins.

C'est ainsi que l'administration procède actuellement à la pose de vingt-quatre circuits destinés à relier le central régional de Paris à différents réseaux de Seine-et-Oise compris dans la zone régionale et de soixante circuits devant relier ces mêmes réseaux aux divers bureaux centraux parisiens auxquels ils sont rattachés à l'arrivée.

D'autre part, pour améliorer l'audition dans les relations avec les au-delà de Paris, l'administration va affecter à ces relations des circuits pupinisés aboutissant directement à l'interurbain de Paris. Dans le même but, elle a fait procéder à la pupinisation de la majorité des circuits reliant Paris à Versailles et pose actuellement un nouveau câble dont tous les circuits seront pupinisés.

Enfin l'installation d'automatiques ruraux, groupés autour de

centres manuels en liaison directe avec Paris, est entrée dans la période de réalisation ; les installations destinées aux bureaux satellites de Versailles et de St-Germain ont été commandées aux constructeurs.

Zone interurbaine. — Quarante-quatre circuits sont en construction, dont vingt et un avec Paris et vingt-trois circuits entre réseaux du département.

L'administration va soumettre en outre au conseil général un nouveau programme comprenant trente circuits.

Des essais en cours pour la mise au point des types d'automatiques ruraux ont été effectués pour une part en Seine-et-Oise, dans la région de Mantes et de Bonnières. En présence des résultats obtenus, il n'est pas douteux que le programme prévu pour l'ensemble du département ne soit réalisé au cours des prochaines années.

Les nouveaux centraux automatiques ruraux en Grande-Bretagne. — L'office britannique a adopté, pour l'installation du téléphone automatique dans les campagnes, une solution assez différente de celle de l'administration française. Les centraux automatiques ruraux récemment mis en service, et dont une excellente description est donnée dans le numéro de juillet du *Post Office Electrical Engineers Journal*, fonctionnent avec une batterie centrale. Les abonnés, reliés à l'automatique par simple décrochage de leur récepteur, peuvent obtenir directement, en formant un nombre de deux chiffres sur leur cadran, soit un abonné du même bureau automatique, soit une opératrice du ou des bureaux manuels qui possèdent des jonctions avec ce bureau. Deux bureaux automatiques ne peuvent travailler directement ensemble ; mais deux bureaux manuels peuvent s'appeler à travers un bureau automatique.

Les principales particularités du système sont les suivantes. Chaque commutateur a une capacité de 25 directions (abonnés et lignes vers le manuel), et l'on peut installer jusqu'à quatre meubles semblables dans un même bureau. Chaque unité possède quatre circuits de connexion, composés d'un chercheur d'appels rotatif, associé à un sélecteur du type Strowger, et un commutateur d'assiguation des circuits.

Des précautions spéciales sont prises pour éviter les dépenses exagérées de courant. Un abonné qui n'a pas numéroté correctement est déconnecté au bout d'une vingtaine de secondes. De même, si une boucle permanente ou un défaut analogue se produit sur une ligne d'abonné, celle-ci est renvoyée sur un relais à grande résistance; si le défaut vient à disparaître, le circuit est rétabli normalement.

L'opérateur du bureau manuel peut s'assurer, simplement en formant sur son cadran le numéro 99, de l'état du central automatique. Les différentes tonalités reçues lui permettent même de discerner plusieurs sortes de dérangements.

Un certain nombre de ces installations, en service depuis le mois de février 1929, ont donné jusqu'ici satisfaction, et l'intention de l'administration britannique est, paraît-il, de construire de tels centraux dans les localités possédant un minimum de huit abonnés.

Sujets des compositions écrites au concours d'entrée à la 2^e section de l'Ecole professionnelle supérieure des Postes et Télégraphes (octobre 1929). —

Mathématiques. — 1^{re} question. — Trouver la condition à laquelle doivent satisfaire les deux fonctions p et q de la variable x pour que l'équation

$$(E_1) \quad \frac{dz}{dx} + z^2 = pz + q$$

admette deux intégrales particulières, z_1 et z_2 , dont le rapport $\frac{z_2}{z_1}$ soit égal à une constante donnée μ . En déduire la condition pour que l'équation linéaire

$$(E_2) \quad \frac{d^2y}{dx^2} = p \frac{dy}{dx} + qy$$

admette deux intégrales particulières, y_1 et y_2 , liées par la relation : $y_2 = y_1^\mu$.

Application : On suppose $\mu = -4$ et $p = \frac{1}{x}$. Déterminer la fonction q et l'intégrale générale des deux équations (E_1) et (E_2) .

2^e question. — Déterminer la constante C de façon que l'expression

$$\omega = \frac{2xydx + (1-x^2)dy}{y^3 + (1-x^2)^2 + C}$$

soit une différentielle exacte $dF(x, y)$, et trouver la fonction $F(x, y)$. Calculer ensuite l'intégrale $\int \omega$, prise le long d'un cercle de rayon R ayant pour centre le point $x = 1, y = 0$, ce cercle étant décrit une seule fois dans le sens direct.

Mécanique. — Une sphère homogène s de centre G , de rayon a et de masse m , est mobile sur la surface intérieure d'une sphère fixe S de centre O et de rayon $R + a$. Etudier son mouvement (mouvement du centre de gravité, glissement, pivotement, roulement) dans les quatre hypothèses suivantes :

1° la sphère s n'est pas pesante ; les sphères s et S sont parfaitement lisses (le coefficient de frottement de glissement f est nul) ;

2° la sphère s n'est pas pesante ; les sphères s et S sont parfaitement rugueuses ($f = \infty$), de sorte qu'il n'y a pas glissement ;

3° la sphère s est pesante ; les sphères s et S sont parfaitement lisses ;

4° la sphère s est pesante ; les sphères s et S sont parfaitement rugueuses.

Dans les quatre cas, on négligera les couples de frottement de pivotement et de roulement.

On désignera par x, y, z les coordonnées de G rapportées à trois axes rectangulaires passant par O (Oz vertical dans les cas 3 et 4), par φ l'angle du plan zOG avec zOx , par θ l'angle zOG , par p, q, r les composantes de la vitesse de rotation de la sphère s , par γ la vitesse de glissement, par ω et ρ celles de pivotement et de roulement. On négligera l'influence de la rotation terrestre.

Physique. — 1^{re} question. — Propagation du son dans les tuyaux.

2^e question. — Une lame d'un cristal uniaxe est taillée parallèlement à l'axe et a 0^m^m,1125 d'épaisseur. L'indice ordinaire est 1,550 et l'indice extraordinaire 1,555 pour la longueur d'onde 0^μ,5.

Un faisceau de lumière parallèle ayant cette longueur d'onde traverse d'abord un nicol polariseur, puis la lame normalement à sa surface. L'axe de la lame fait un angle de 45° avec le plan de polarisation du nicol.

1° Déterminer l'état de polarisation du faisceau à la sortie de la lame ;

2° On reçoit le faisceau qui sort de la lame sur un nicol analyseur dont le plan de polarisation est à 90° de celui du polariseur ; quelle est la fraction de l'intensité du faisceau qui traverse l'analyseur ?

3° Quelles sont les épaisseurs des lames du même cristal et de taille parallèle à l'axe qu'il faudrait superposer à la première lame, les axes étant en coïncidence, pour que l'intensité de la lumière qui traverse l'analyseur fût nulle, égale à l'intensité incidente, ou indépendante de l'orientation du plan de polarisation de l'analyseur ?

Chimie. — 1^{re} question. — L'aluminium ; son état naturel ; son principal minéral ; sa métallurgie ; ses propriétés physiques et chimiques ; ses principaux usages ; ses alliages ; caractères analytiques de ses sels.

2^e question. — Un industriel se propose de fabriquer de l'alun ordinaire ; il dispose à cet effet d'alumine pure, d'acide sulfurique technique à 66° B., et de carbonate de potasse sec.

Quelles sont les quantités théoriques de ces matières premières qui doivent être utilisées pour fabriquer une tonne d'alun de potasse cristallisé ?

On admet que l'acide sulfurique technique à 66° B. titre 94 % d'acide, et que les poids atomiques sont les suivants : S = 32 ; Al = 27 ; K = 39 ; les autres poids atomiques nécessaires sont supposés être connus des candidats (oxygène, hydrogène, carbone).

BREVETS D'INVENTION.

TÉLÉGRAPHIE.

661.776. Systèmes télégraphiques récepteurs (Electrical Research Products, Etats-Unis).

TÉLÉPHONIE.

660.601. Disposition de connexion pour installations téléphoniques avec fonctionnement par sélecteurs et avec collecteurs (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

660.640. Bobines de retardation pour systèmes électriques composés, tels que des systèmes téléphoniques et télégraphiques combinés (Le Matériel téléphonique, France).

660.911. Disposition de connexion pour installations téléphoniques dans lesquelles des lignes appelantes sont connectées à une employée en passant par des chercheurs d'appel (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

660.921. Disposition de connexion pour installations téléphoniques à fonctionnement semi-automatique (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

661.131. Perfectionnement aux microphones (The Gramophone Company, Angleterre).

661.145. Perfectionnements dans les récepteurs téléphoniques (Telefonaktiebolaget L.M. Ericsson, Suède).

661.279. Mode d'installation pour connecteurs pour abonnés à plusieurs lignes (Friedrich Merk, Allemagne).

661.303. Système moteur pour diaphragmes sonores (Paul Pierre, France).

661.315. Perfectionnements apportés aux capsules microphoniques (Michel-Jean-Marius Denard et Louis-Alexandre Viot, France).

661.347. Mode de montage pour les postes de sélection des lignes téléphoniques (Friedrich Merk, Allemagne).

661.380. Système de transmission multiple avec bloqueurs d'écho (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

Les circuits empruntés par des transmissions multiples sur bandes de fréquences différentes ne peuvent pas être équipés avec des supprimeurs d'échos agencés comme ceux qu'on utilise sur les circuits téléphoniques à 4 fils ordinaires ; il faut en effet que les courants correspondants à une des transmissions sur la voie d'aller ne bloquent la voie de retour que pour la transmission de sens inverse effectuée sur

la même bande de fréquences ; dans la station qui renferme les supprimeurs d'échos les courants correspondant aux différentes transmissions sont séparés par des filtres et empruntent des répéteurs distincts aussi bien sur la voie d'aller que sur la voie de retour. Des supprimeurs d'échos distincts affectés à chaque transmission sont conjugués avec les répéteurs correspondants.

661.594. Dispositif de commande électro-magnétique pour reproduction téléphonique (Félice Saldana, France).

661.703. Perfectionnements aux systèmes de commande à distance (Associated Telephone & Telegraph Company, Etats-Unis).

RADIOCOMMUNICATIONS.

660.616. Dispositif pour diminuer les perturbations dans les appareils récepteurs de T.S.F. occasionnées par les appareils de haute fréquence (Oscar Gerhardt, Allemagne).

660.637. Perfectionnement aux lampes électroniques (Marconi's Wireless Telegraph Company, Angleterre).

660.638. Perfectionnements aux lampes électroniques (Marconi's Wireless Telegraph Company, Angleterre).

660.639. Antenne directive (Nicolaas Koomans, Pays-Bas).

660.670. Méthode et appareils de radiosignalisation éliminant l'action de « fading » (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

660.716. Dispositif pour éliminer le bruit mécanique dans des tubes à électrons en cascade (Telefonaktiebolaget L.-M. Ericsson, Suède).

660.719. Perfectionnements apportés au réglage des antennes (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

660.723. Nouveau principe appliqué à un diffuseur électromagnétique (Robert Pacou et Adrien Dubois, France).

660.840. Dispositif pour poste récepteur de T.S.F. des trains de chemin de fer, pour l'élimination des perturbations créées par le système d'éclairage des voitures (Société anonyme pour le radio des chemins de fer de l'Etat, Hongrie).

660.871. Commande à distance des organes de réglage des postes de T.S.F. (Jean-René Lecoq, France).

660.872. Pendule pour haut-parleurs téléphoniques (Jean-René Lecoq, France).

660.906. Dispositif démultiplicateur pour la commande des condensateurs utilisés en T.S.F. (Etablissements Bardon, France).

660.936. Perfectionnements aux procédés de suppression d'émissions parasites (Ateliers J. Carpentier, France).

660.951. Manipulateur automatique pour signal de détresse (Louis-Lucien-Eugène Chauveau, France).

660.975. Dispositif pour réduire la capacité interne des tubes électroniques (Société des Etablissements Ducretet, France).

660.996. Perfectionnements dans les appareils à commutation pour réduire les perturbations provoquées par ces derniers dans les récepteurs d'ondes électromagnétiques (Marius Latour, France).

661.202. Perfectionnement aux montages de T.S.F. (Pierre David et Marcel Talon, France).

661.304. Haut-parleur (N. V. Philip's Gloeilampenfabrieken, Pays-Bas).

661.519. Perfectionnements apportés aux amplificateurs à lampes de T.S.F. (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

661.604. Appareil pour la reproduction des sons produits par courants modulés amplifiés (Maurice Mars, France).

661.622. Système de haut-parleur (Société Radiofrequenz et M. Walter-Kunze, Allemagne).

BIBLIOGRAPHIE.

Das Postscheckgeschäft, par HERMANN SCHMID. Berne, Buchdruckerei E. Fluck et C^{ie}, 1929.

Sous ce titre, M. Hermann Schmid, fonctionnaire des postes suisses et docteur en droit, publie, en une brochure de 140 pages en langue allemande, une étude intéressante et très documentée sur le service des chèques postaux tel qu'il est organisé dans son pays. En passant en revue l'organisation de cette branche si importante du service des postes et les diverses opérations qui y sont traitées, l'auteur montre les profondes répercussions apportées par l'usage de plus en plus développé des chèques postaux dans le domaine des échanges commerciaux et dans le règlement des créances privées, et il évoque en les commentant tous les problèmes juridiques qui se posent en cette occurrence. A côté de considérations basées principalement sur la législation et sur les règlements postaux de la confédération helvétique, on trouve dans cette étude un exposé de principes généraux et des commentaires que liront avec profit ceux qui, dans tous les pays, s'intéressent à ces questions.

Dans une première partie, l'auteur examine la nature des liens juridiques existant entre le titulaire d'un compte de chèques postaux et l'administration des postes, ainsi que la responsabilité générale qui en découle pour celle-ci. Dans la seconde partie, il passe en revue les diverses modalités du service et les questions de droit particulières à chacune d'elles, qu'il s'agisse de l'ouverture ou de la clôture d'un compte appartenant à un particulier ou à une société, du secret professionnel à observer au sujet des opérations traitées, des sommes à créditer et à débiter, des paiements à vue, des mandats d'assignation, des virements intérieurs et internationaux.

Dans des appendices, sont reproduites les dispositions réglementaires les plus importantes ayant trait au service suisse des chèques

postaux et aux facilités accordées aux usagers et qui, dans l'ensemble, présentent une grande analogie avec la réglementation française. Une particularité importante est cependant à signaler : dans le service suisse, les sommes inscrites au crédit d'un compte courant, jusqu'à concurrence d'un avoir total ne dépassant pas 100.000 francs, rapportent un intérêt, actuellement fixé à 1,80 %.

L.-F. D.

Introduction à la physique théorique (Introduction to theoretical physics), par Leigh PAGE. New York, van Nostrand, 1928. 1 vol. in-8° de 587 pages, avec 201 figures. — Prix : 6,50 \$.

Cet ouvrage reproduit la substance d'un cours professé par l'auteur à l'université de Yale, à raison de cinq leçons par semaine, à des étudiants du niveau du certificat d'études supérieures de chez nous. Le programme de mathématiques générales et de physique générale est supposé connu et l'on se propose d'explorer le champ entier de la physique théorique. Ce sera donc une introduction à l'étude du sujet particulier, quel qu'il soit, dans lequel l'étudiant se spécialisera pour sa thèse, en même temps qu'une sérieuse orientation dans les autres domaines. Après un chapitre préliminaire, l'auteur parcourt successivement : I. la dynamique (dynamique du solide, éléments de la théorie de l'élasticité, et un chapitre court mais très bien fait sur la mécanique analytique) ; II. l'hydrodynamique (fluides parfaits, fluides visqueux) ; III. la thermodynamique (thermodynamique classique, mécanique statique, théorie cinétique) ; IV. l'électromagnétisme (exposé classique où l'électron ne paraît qu'à la fin) ; V. l'optique et la spectroscopie. Pour le technicien français, ce livre peut constituer un très précieux compagnon de travail, en raison du grand nombre de sujets traités et de la consciencieuse clarté de leur présentation. Le lecteur français entrera d'ailleurs de plain-pied dans cet ouvrage, ce qui ne saurait se dire de beaucoup de traités américains.

P. L. C.

Vibration problems in engineering, par S. TIMOSHENKO. New-York, von Nostrand 1928. 1 vol. in-8° de 350 pages.

On sait l'analogie qui existe entre un système mécanique et un système électrique, les selfs et les condensateurs de celui-ci correspondant aux masses et aux ressorts de celui-là.

Il arrive parfois que les ingénieurs mécaniciens, tout comme les radios, calculent séparément les organes principaux de leurs machines, mais non le système complexe formé par la machine toute entière. Le jour où l'on met la machine en route, un circuit oscillant qui n'apparaissait pas sur les dessins se trouve en résonance avec une des fréquences présentes et manifeste cette particularité par le bris d'un maneton ou la fêlure d'une culasse. Les avaries de moteur du *Graf Zeppelin* à son premier essai de voyage autour du monde furent un exemple particulièrement frappant de ce genre de déconvenues.

Avec les hautes vitesses et les énormes masses actuellement admises, ces questions de vibrations de machines prennent une position de premier plan. Et il est très intéressant pour l'ingénieur électrique de suivre le développement des méthodes qui leur sont consacrées. On voit se constituer peu à peu une technique des oscillations, où les différences que présentent les problèmes mécaniques, acoustiques et électriques ne font que changer le mode d'application de théories communes.

Le livre de M. Timoshenko est fort intéressant à lire de ce point de vue, auquel il est d'ailleurs étranger. C'est un ouvrage tout pratique où l'on trouvera rassemblés une quantité d'exemples de vibrations effectivement observées dans les machines, avec la manière de les calculer. Plusieurs de ces calculs ont été effectués, sans doute sous la direction de l'auteur, dans le service de recherches de la C^{ie} Westinghouse, ce qui donne bien la note de l'ouvrage, où les mathématiques de l'ingénieur et les procédés graphiques sont utilisés jusqu'à la limite de leurs capacités pour fournir chaque fois le résultat numérique demandé. Un bon index permet de retrouver, après une première lecture, un problème particulier parmi la foule des sujets traités, et rend aisé le maniement de cet utile ouvrage de référence. P. L. C.

Leçons de mécanique rationnelle, par F. BOUNY. Tome II : *Dynamique du point, dynamique des systèmes*. Paris, Albert Blanchard, 1929. 1 vol. in-8° de 660 pages. Prix : 90 francs.

Dans ce deuxième volume, M. Bouny a continué à utiliser largement le calcul vectoriel, lorsque cela lui a paru utile « pour la simplicité ou pour l'intérêt de la méthode ». L'étude des mouvements vibratoires a été très développée. Le problème fondamental des vibrations est posé d'une manière qui permet de le rattacher plus facilement aux applications : un point animé d'un mouvement imposé attire, suivant une force proportionnelle à la distance, un point libre qui prend alors le mouvement à étudier.

A la fin de chaque chapitre, ont été données des séries d'exercices, avec leurs solutions, ce qui contribue à augmenter l'intérêt de cet ouvrage.

V.-L. D.

Elementary differential equations, par Thornton C. Fry.
New-York, D. van Nostrand, 1929. 1 vol. in-8° de 255 pages, avec 42 figures.

Cet ouvrage est la mise au point d'un cours professé dans les laboratoires Bell en vue de permettre à des jeunes gens ayant une formation mathématique peu développée de se servir néanmoins des équations différentielles élémentaires que l'on ne peut éviter de rencontrer dans l'étude des problèmes techniques. Sont considérées, en particulier, les équations du premier ordre, les équations linéaires à coefficients constants, les systèmes linéaires et quelques équations classiques comme celles de Bessel. En général, l'auteur ne fournit aucune démonstration, mais donne des explications : de nombreux exercices numériques sont traités entièrement ; d'autres sont proposés aux élèves. Ces exercices sont cependant choisis avec soin et certains d'entre eux doivent même permettre à l'élève de se mettre en garde contre l'abus de l'emploi des formules générales qui ne sauraient donner simplement la solution dans les cas singuliers.

Le volume est admirablement imprimé sur de très beau papier, et relié avec soin.

L.-J. C.

Introduction à l'étude de la physique théorique, par RENÉ FORTAT. IV^e fascicule : *Electricité et Magnétisme*. Paris, Hermann, 1929, 1 vol. in-16 de 180 pages. — Prix : 10 francs.

Ann. des P.T.T., 1929-XII (18^e année).

77

Nous avons déjà signalé ici-même les deux premiers et les deux derniers fascicules de cet ouvrage, qui en comprendra sept (Cf. *Annales des P.T.T.*, 1928, p. 442 et 1098). Ce quatrième fascicule, consacré à l'électricité et au magnétisme, est digne en tous points des précédents. Aux quatre grandes divisions, qui traitent respectivement de l'électrostatique, du magnétisme, de l'électrodynamique et de l'électromagnétisme et enfin des propriétés électriques de la matière, l'auteur a ajouté un appendice particulièrement intéressant consacré à la théorie moderne des ions telle que l'ont exposée Lewis et Randall.

P. M.

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES.

Postes.

Appareil à échanger les sacs de dépêches en Grande-Bretagne	152
Les moyens mécaniques de transport utilisés au bureau de chèques postaux de Leipzig, par P. HEILBRON, de Berlin.....	176
Le métropolitain postal de Londres, par P. CAUFQUIER, ingénieur des Ponts et Chaussées	337
La fabrication automatique des carnets de timbres-poste, par L. DEMOULIN, directeur de l'atelier de fabrication des timbres-poste.....	789

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Les petits paquets	659
--------------------------	-----

INFORMATIONS.

Nouveaux timbres-poste français	80, 293, 880,	955
Ligne postale Chicago—San Francisco		196
Essais sur la ligne postale des Indes.....		197
Le règlement des créances internationales par voie de virement postal....		293
Les chèques postaux français en 1928.....		395
Le bureau de poste situé à la plus grande altitude.....		395
Poste aérienne	586, 663, 881,	955
Chèques postaux. Virements internationaux entre la France et la Yougoslavie		586
Chèques postaux. Virements internationaux entre la France et la Pologne.		881
Transport du courrier postal par des nageurs.....		785
Renseignements statistiques sur l'exploitation postale en Suisse en 1928.		956
Les origines de la poste au Japon.....		962
Extrait du rapport d'exploitation de l'administration des postes des Etats-Unis d'Amérique pour l'année budgétaire 1928.....		1057

BIBLIOGRAPHIE.

Das Postscheckgeschäft, par H. SCHMID.....	1150
--	------

Télégraphes.

Télégraphie multiplex par courants de fréquences acoustiques, par E. MONTOROL, inspecteur des Postes et Télégraphes.....	23
Les communications téléphoniques et télégraphiques de Genève pendant les assemblées de la société des nations, par A. FERRIER.....	561
Nouvelle méthode de mesure de la résistance des prises de terre, par P. MOCQUARD.....	1035

REVUE DES PÉRIODIQUES.

L'emploi des machines à copier dans la comptabilité télégraphique internationale	473
--	-----

INFORMATIONS.

Télégrammes de fin de semaine	80
Télégrammes-tickets	80
Nouveau câble de la Western Union entre New York et les Açores	194
Télégrammes autographes	294
Renseignements statistiques sur l'exploitation télégraphique et téléphonique en Suisse, en 1928	958

BIBLIOGRAPHIE.

Exploitation télégraphique, par STAMATIOS NIKOLIS	397
---	-----

Téléphones.

Le service universel et le téléphone automatique rural, par R. LOUBATIÉ, ingénieur en chef, et V. DI PACE, ingénieur des Postes et Télégraphes.	134
Mesures de transmission sur des circuits aériens, par P. MOCQUARD, ingénieur des Postes et Télégraphes	314
Emploi du plan de jonction pour la localisation des dérangements sur les câbles à grande distance équilibrés par croisements, par P. PRACHE, ingénieur des Postes et Télégraphes	332
Le bureau automatique « Carnot », par G. POCHOLLE, J. ROUVIÈRE et A. LABROUSSE, ingénieurs des Postes et Télégraphes.... 420, 621,	813
Les centraux téléphoniques de Lyon, par A. LELLUCH, ingénieur des Postes et Télégraphes	504
Essais d'es postes d'abonnés à partir du poste central, par P. MOCQUARD, ingénieur des Postes et Télégraphes	551
Les communications téléphoniques et télégraphiques de Genève pendant les assemblées de la Société des nations, par A. FERRIER	561
La téléphonie automatique interurbaine au Maroc, par M. DUBEAUCLARD, directeur de l'office chérifien des Postes et Télégraphes	651
Un système de téléphonie multiplex à courants porteurs sur les circuits téléphoniques à grande distance, par H.-A. AFFEL, C.-S. DEMAREST et C.-W. GREEN	759
Système de téléphonie par courants porteurs pour circuits interurbains de faible longueur, par H.-S. BLACK, M. L. ALMQUIST et L. M. ILGEN-FRITZ	935
Sur les liaisons téléphoniques en haute fréquence le long des lignes d'énergie électrique, par C. GUTTON, professeur à la faculté des sciences de Nancy	969
Nouvelle méthode de mesure de la résistance des prises de terre, par P. MOCQUARD	1085
Le taxiphone sans bouton, nouvel appareil téléphonique à prépayement..	1119

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Sur un dispositif permettant de maintenir constante la tension d'alimentation d'un récepteur branché sur un réseau à courant alternatif.....	78
Les progrès de l'automatisation du réseau téléphonique de Stockholm ...	1132

INFORMATIONS.

Un réseau téléphonique exploité par un seul homme.....	81
Le secret des communications téléphoniques aux Etats-Unis.....	83
Etranges coutumes relatives au service téléphonique japonais.....	195
Le câble téléphonique Tokyo—Kobé.....	479
Téléphonie internationale.....	587
Vers la permanence du service téléphonique.....	663
Les récentes améliorations apportées au service téléphonique en Grande-Bretagne	666
Les derniers câbles téléphoniques sous-marins posés entre la Grande-Bretagne et le continent	668
Téléphonie automatique	784
Téléphonie internationale.....	784
Développement du trafic téléphonique transatlantique	784
Relations téléphoniques entre les divers Etats de l'Europe et avec les Etats-Unis	785
Extension du réseau téléphonique en câbles souterrains à grande distance	880
Renseignements statistiques sur l'exploitation télégraphique et téléphonique en Suisse en 1928.....	958
Le câble téléphonique souterrain Paris—Bordeaux.....	1056
Téléphonie transatlantique	1056
Le service téléphonique dans le département de Seine-et-Oise.....	1142
Les nouveaux centraux automatiques ruraux en Grande-Bretagne.....	1143

BIBLIOGRAPHIE.

Câbles téléphoniques pour longues distances, par A. ENGELHARDT.....	85
Selbstanschluss-Technik, par H. HEBEL.....	588
Underground cable systems, par G. W. STUBBINGS.....	883
Speech and hearing, par HARVEY FLETSCHER.	966

Radioélectricité.

Quelques applications nouvelles de la T.S.F., par le général FERRIÉ, membre de l'Institut.....	201
Guidage des navires et avions par ondes hertziennes, par J. AICARDI, capitaine de corvette	489
Le Service de la télégraphie sans fil, par E. PICAULT, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes, directeur du Service de la T.S.F.....	795

REVUE DES PÉRIODIQUES.

L'exploitation téléphonique transatlantique.....	188
Le V ^e salon de la télégraphie sans fil.....	190

Sur un nouveau mode d'entretien d'oscillations dans les lampes triodes..	284
Sur la réalisation et le fonctionnement d'un nouvel oscillateur à ondes très courtes	286
Sur des oscillateurs à ondes très courtes.....	288
Sur les ondes très courtes.....	291

INFORMATIONS.

Liaison radiotélégraphique entre la France et la Nouvelle-Calédonie.....	81
Extension des relations téléphoniques entre la France et l'Amérique....	194
Liaisons radiotélégraphiques	294
Radiotéléphonie entre les Pays-Bas et Java.....	477
Congrès national de la radiodiffusion.....	955
Liaison radiotélégraphique	1052
Barrière radioélectrique pour poissons.....	1062

BIBLIOGRAPHIE.

Die Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen, par A. SACKLOWSKI..	87
Encyclopédie de la radio, par Michel ADAM.....	675
Ondes et électrons, par P. BRICOUT.....	883

Construction des lignes.

Noyaux de bobines Pupin en permalloy, par Franz J. DOMMERQUE.....	458
Utilisation de trains spéciaux pour distribuer directement à pied d'œuvre le matériel de ligne sur voie ferrée, par M. HUGON, inspecteur des Postes et Télégraphes	748
Les prévisions dans la construction des réseaux téléphoniques, par J. G. HINES	990
Calcul des pylônes métalliques, par M. CABANNE, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes	1073

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Procédé de mise en place des poteaux de lignes électriques.....	392
---	-----

BIBLIOGRAPHIE.

Les isolateurs en porcelaine, par Gustave BENISCHKE.....	482
--	-----

Etudes théoriques.

Origine des termes gyroscopiques dans les équations des appareils électromagnétiques, par Ph. LE CORBEILLER, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes, docteur ès sciences.....	1
Etude théorique de la sensibilité dans une mesure au pont de Wheatstone, par H. CAILLEZ, ingénieur des Postes et Télégraphes	39
Théorie de la téléphonie sur les circuits en particulier sur les circuits pupinisés, par HERMANN SCHULZ, du Telegraphen technisches Reichsamt, Berlin	49, 357
Les ondes électromotrices ; théorie de la propagation des courants alter-	

natifs le long des nappes de fil (suite), par L. AGUILLON, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes	89
Le service universel et le téléphone automatique rural, par R. LOUBATIÉ, ingénieur en chef, et V. DI PACE, ingénieur des Postes et Télégraphes ..	134
Contribution à l'étude de l'amélioration des conditions de réception des signaux télégraphiques par l'emploi de certains dispositifs terminaux, par L.-J. COLLET, ingénieur des Postes et Télégraphes.	210
Aspect géométrique de la contraction de Lorentz, par J.-B. POMEY	452
Sur les relations entre les caractéristiques de fréquence et les phénomènes transitoires dans les systèmes linéaires, par K. KÜPFMÜLLER	836
Au sujet de l'influence électrostatique d'une ligne d'énergie sur une ligne téléphonique, par E. PICAULT, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes	885
La notion d'admittance caractéristique, par L.-J. COLLET, ingénieur des Postes et Télégraphes	980

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Sur une curieuse propriété des circuits à condensateurs	576
Sur des analogies gyroscopiques de l'induction mutuelle et des fuites magnétiques	1130

INFORMATIONS.

Note sur l'article « Origine des termes gyroscopiques dans les équations des appareils électromécaniques », par PH. LE CORBEILLER	198
---	-----

BIBLIOGRAPHIE.

Calcul des probabilités, par Paul LÉVY	397
Sinusrelief und Tangensrelief in der Elektrotechnik, par Fritz EMDE	399
Das Rechnen mit Vektoren in der Elektrotechnik, par A. LUNDHOLM	965

Divers.

La normalisation en France, par E. LHOSTE, secrétaire général de la Commission permanente de standardisation	272
La politique commerciale des principales puissances, par Georges BLONDEL, professeur au Collège de France	297
La décharge électrique dans les gaz rares, par Marcel LAPORTE, docteur ès-sciences, assistant à l'Institut du radium	589
La matière fulminante (suite) : modes de décomposition, formes ascendantes, pression électrostatique, par E. MATHIAS, correspondant de l'Institut, directeur de l'Institut et observatoire de physique du globe du puy de Dôme	681
La matière fulminante (suite) : élasticité, tension superficielle, par E. MATHIAS, correspondant de l'Institut, directeur de l'Institut et observatoire de physique du globe du puy de Dôme	892
La matière fulminante (fin) : caléfaction, énergie, par E. MATHIAS, correspondant de l'Institut, directeur de l'Institut et observatoire de physique du globe du puy de Dôme	1090

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Sur la stabilité des régulateurs indirects continus	779
Sférographe, appareil téléphotographique de la Société française radioélectrique	874
Un appareil destiné à mesurer les petites amplitudes des vibrations	952
Stabilisateur de fréquence à quartz	1049

INFORMATIONS.

Installations électriques pour études musicales	395
Inauguration du monument Eiffel	579
Sujet des compositions écrites au concours d'entrée à la 1 ^{re} section de l'Ecole professionnelle supérieure des Postes et Télégraphes (avril 1929)	604
Les capitaux anglais et américains dans l'industrie allemande des courants faibles	1061
Sujets des compositions écrites au concours d'entrée à la 2 ^e section de l'Ecole professionnelle supérieure des Postes et Télégraphes (octobre 1929)	1144

BIBLIOGRAPHIE.

Taschenbuch für Fernmeldetechniker, par H.-W. GOETSCH	87
Agenda Béranger pour 1929	88
Agenda d'électricité pour 1929, par BUNET et CEYTRE	199
Les alternateurs de haute fréquence, par J. BÉTHENOD	199
Eléments de thermodynamique, par Ch. FABRY	295
Statistique mathématique, par G. DARMOIS	295
Manuel-agenda du personnel des Postes, Télégraphes et Téléphones, par R. MENOU, G. CALVEL et L. NAUD	481
Die Technik elektrischen Messgeräte, par G. KEINATH	481
Etude résumée des accumulateurs électriques, par L. JUMEAU	482
The installation of electric lighting and heating, par Frédéric H. TAYLOR	483
Cours de physique générale, par H. OLLIVIER	484
Délibérations de la Commission d'étude des unités et grandeurs de 1907 à 1927, publiées par J. WALLOT	485
La balance à calcul, par STANISLAS MILLOT	485
Introduction à la théorie des quanta, par Marcel BOLL et Charles SALOMON	487
Le principe de l'opération unique dans le travail de bureau. Le procédé du décalque au carbone, par G. RAVISSE	487
Handwörterbuch des elektrischen Fernmeldewesens, publié sous la direction d'E. FEYERABEND, Fr. BREISIG, H. HEIDECKER, A. KRUCKOW	673
L'énergie électrique de demain, par Aug. BERTHIER	675
Précis de mécanique rationnelle, par G. BOULIGAND	676
Electrons et photons, Rapports et discussion du cinquième conseil de physique Solvay, Bruxelles 1927	677
La structure de la lumière, par Sir J.-J. THOMSON	678
Les appareils transporteurs mécaniques de bureau, par J. JACOB	679
Cours d'électricité industrielle : Tome I : <i>L'électricité dans la science de l'ingénieur</i> , par A. DEFRETIN	787

Hydrodynamique générale ; Fluides parfaits et visqueux ; ailes d'avion, par H. BOUASSE	787
Taschenbuch für Fernmeldetechniker, par HERRMANN W. GOETSCH....	883
Les finances de l'entreprise, par P. JEANCARD, J. VILBOIS, G. CRESPIEN.	1069
Leçons sur la conductibilité des électrolytes, par E. DARMOIS.....	1069
Introduction à la physique théorique, par L. PAGE.....	1151
Vibration problems in engineering, par S. TIMOSHENKO	1151
Leçons de mécanique rationnelle, par F. BOUNY.....	1152
Elementary differential equations, par Th. C. FRY	1153
Introduction à l'étude de la physique théorique, par R. FORTRAT ..	1153
BREVETS D'INVENTION	468, 571, 655, 771, 870, 949, 1064
ERRATA	788

TABLE ALPHABÉTIQUE PAR NOMS D'AUTEURS.

AFFEL, DEMAREST et	
GREEN	Un système de téléphonie multiplex à courants porteurs sur les circuits téléphoniques à grande distance 759
AGUILLOU	Les ondes électromotrices ; théorie de la propagation des courants alternatifs le long des nappes de fils (suite) 89
AICARDI	Guidage des navires et avions par ondes hertziennes. 489
ALMQUIST	Voyez BLACK.
BLACK, ALMQUIST et	
ILGENFRITZ	Système de téléphonie par courants porteurs pour circuits interurbains de faible longueur..... 935
BLONDEL	La politique commerciale des principales puissances 297, 401
CABANNE	Calcul des pylônes métalliques..... 1073
CAILLEZ	Etude théorique de la sensibilité dans une mesure au pont de Wheatstone 39
CAUFOURIER	Le métropolitain postal de Londres..... 337
COLLET	Contribution à l'étude de l'amélioration des conditions de réception des signaux télégraphiques par l'emploi de certains dispositifs terminaux..... 210
	La notion d'admittance caractéristique..... 980
DEMAREST	Voy. AFFEL.
DEMOULIN	La fabrication automatique des carnets de timbres-poste 789
DOMMERQUE	Noyaux de bobines Pupin en permalloy..... 458
DUBEAUCLARD	La téléphonie automatique interurbaine au Maroc.. 651
FERRIÉ	Quelques applications nouvelles de la T.S.F..... 201
FERRIER	Les communications téléphoniques et télégraphiques de Genève pendant les assemblées de la Société des nations..... 561
GREEN	Voy. AFFEL.
GUTTON	Sur les liaisons téléphoniques en haute fréquence le long des lignes d'énergie électrique 969
HEILBRON	Les moyens mécaniques de transport utilisés au bureau de chèques postaux de Leipzig..... 176
HINES	Les prévisions dans la construction des réseaux téléphoniques 990

HUGON.....	Utilisation de trains spéciaux pour distribuer directement, à pied d'œuvre, le matériel de ligne sur voie ferrée	748
ILGENFRITZ.....	Voy. BLACK.	
KÜPFMÜLLER.....	Sur les relations entre les caractéristiques de fréquence et les phénomènes transitoires dans les systèmes linéaires	836
LABROUSSE.....	Voyez PACHOLLE.	
LAPORTE.....	La décharge électrique dans les gaz rares.....	589
LE CORBEILLER....	Origine des termes gyroscopiques dans les équations des appareils électromagnétiques.....	1
LELLUCH.....	Les centraux téléphoniques de Lyon.....	504
LHOSTE.....	La normalisation en France.....	272
LOUBATIÉ et DI PACE	Le service universel et le téléphone automatique rural.....	134
MATHIAS.....	La matière fulminante (suite) : modes de décomposition, formes ascendantes, pression électrostatique	681
	La matière fulminante (suite) : élasticité, tension superficielle	892
	La matière fulminante (fin) : caléfaction, énergie.	1090
MOCQUARD.....	Mesures de transmission sur des circuits aériens....	314
	Essais des postes d'abonnés à partir du poste central.	551
	Nouvelle méthode de mesure de la résistance des prises de terre	1085
MONTORIOI.....	Télégraphie multiplex par courants de fréquences acoustiques	23
DI PACE.....	Voy. LOUBATIÉ	
PICAULT.....	Le Service de la télégraphie sans fil	795
	Au sujet de l'influence électrostatique d'une ligne d'énergie sur une ligne téléphonique.....	885
POCHOLLE, ROUVIÈRE		
et LABROUSSE....	Le bureau automatique « Carnot »... 420, 621,	813
POMEY.....	Aspect géométrique de la contraction de Lorentz...	452
PRACHE.....	Emploi du plan de jonction pour la localisation des dérangements sur les câbles à grande distance équilibrés par croisements.....	332
ROUVIÈRE.....	Voy. PACHOLLE.	
SCHUIZ.....	Théorie de la téléphonie sur les circuits, en particulier sur les circuits pupinisés.....	49, 357

Le gérant :

HENRI DÉVÉ.

DOCUMENTATION.

Les analyses suivantes se rapportent à des articles parus dans les périodiques français et étrangers reçus par le Service d'études et de recherches techniques de l'administration des Postes et Télégraphes : elles sont rédigées par des fonctionnaires de ce service et signées de leurs initiales. Elles sont imprimées avec une pagination spéciale et sur un seul côté des feuillets de façon que l'on puisse, soit les relier à part, soit les découper pour en constituer un répertoire par fiches. Dans ce dernier cas, le classement en sera facilité par les nombres inscrits en tête des analyses, qui correspondent au classement décimal dont nous avons publié la table dans le numéro de janvier.

38 et 48. **Mesures sur les courants de très basses fréquences et application à la localisation des défauts sur les câbles sous-marins** (H. Salinger et H. Kröner, *T.F.T.*, août 1929). — Les courants telluriques peuvent fausser les mesures effectuées en courant continu sur les câbles sous-marins ; ceux-ci ne se prêtent pas d'ailleurs à l'emploi de courants alternatifs de fréquence élevée. L'auteur signale l'intérêt que peuvent présenter des mesures effectuées au moyen de courants alternatifs sinusoïdaux de très basse fréquence (2 à 10 p.p.s.). Il décrit les sources de courants qui peuvent être utilisées et indique les précautions à prendre pour rendre sinusoïdale la tension d'alimentation du pont de mesure et pour vérifier la constance de la fréquence. Enfin il passe en revue les instruments de zéro qui peuvent être employés. Avec ces moyens, la localisation d'un défaut sur un câble sous-marin dont les caractéristiques sont bien connues nécessite une simple mesure d'impédance. L'article reproduit un abaque dont l'emploi rend très simple l'interprétation du résultat de la mesure. L'auteur donne les résultats d'essais effectués sur des câbles artificiels et des câbles réels : dans le cas de câbles sous-marins réels, une difficulté se présente, due à ce que le défaut, au lieu d'être une résistance pure, comporte généralement un petit angle.

R. B.

41. **Le trafic téléphonique mondial** (P. Craemer, *E. T. Z.*, 4 juillet 1929). — Com-

munication présentée à l'assemblée annuelle de l'Union des électriciens allemands. L'auteur passe rapidement en revue l'état actuel du réseau téléphonique mondial et montre comment on étudie maintenant les conditions d'une prompte réalisation de communications téléphoniques intercontinentales ; il indique quelles conséquences s'ensuivront au point de vue de l'économie politique et de la civilisation.

L.-J. C.

41. **Les avis d'appel et les préavis dans les relations téléphoniques internationales** (H. Fossion, *Journal télégraphique*, août 1929). — L'auteur indique le sens général d'une nouvelle réglementation du régime des avis d'appel et des préavis, proposée à l'approbation des administrations par le C.C.I., dans sa dernière réunion en juin 1929.

L.-J. C.

42. **Système de téléphonie par courants porteurs pour circuits interurbains de faible longueur** (Black, Almquist et Ilgenfritz, *Journal A.I.E.E.*, janvier 1929). — Traduit dans *Annales P.T.T.*, octobre 1929.

42. **La distribution longitudinale de la capacité mutuelle dans les circuits des câbles téléphoniques** (A. Morris et G. W. Hodge, *Post Office Electrical Engineers' Journal*, juillet 1929). — La répartition non uniforme de la capacité mutuelle le long d'un circuit d'un câble chargé entraîne des irrégularités dans la courbe impédance-fréquence de ce circuit. Les auteurs indiquent une méthode d'analyse de l'uniformité de cette



FORGES & ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ELECTRIQUES DE JEUMONT

Société Anonyme au Capital de 80 Millions de Francs

Siège social : 75, Boulevard Haussmann, PARIS (8^e) — R. C. Seine n° 167.217

Télégrammes :

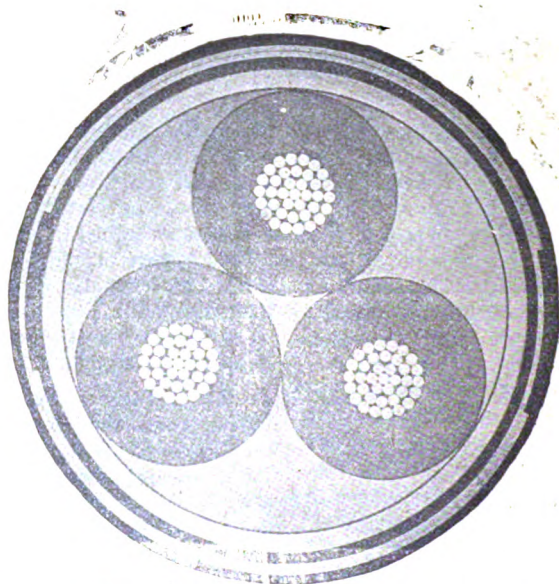
**ELECTRICITE
JEUMONT**

DIRECTION GÉNÉRALE

& JEUMONT (Nord)

Téléphone :

JEUMONT 13, 36 & 66



Câble isolé sur papier imprégné, sous plomb et armé 60.000 v — $3 \times 150 \frac{1}{2}$
pouvant transporter 25.000 Kw. — $\cos \varphi = 0,8$

CABLES SOUTERRAINS pour TOUTES TENSIONS

Fils et câbles isolés au caoutchouc

Câbles téléphoniques et télégraphiques compacts
et à circulation d'air

CUIVRE NU — ACCESSOIRES de CANALISATIONS

répartition et décrivent les procédés permettant de réaliser cette uniformité.

V.-L. D.

42. Le système fondamental de références pour la transmission téléphonique (W. H. Martin et C.H.G. Gray, *Bell System technical journal*, juillet 1929). — On sait que, pour permettre de donner une base précise aux données de transmission et aux règles relatives aux appareils et lignes d'abonnés, l'American Telegraph and Telephone Company a étudié et réalisé un système complet de transmission téléphonique dont tous les éléments (et en particulier les microphones et les récepteurs) ont des caractéristiques définies d'une façon absolue. Deux systèmes de ce genre ont été construits par le Bell Telephone Laboratory : l'un est installé à New York ; l'autre, connu sous le nom de Système fondamental européen de référence pour la transmission téléphonique, est actuellement en fonctionnement au Conservatoire national des arts et métiers pour le compte du Comité consultatif international pour les communications téléphoniques à grande distance.

Quelques indications générales relatives à ce système ont déjà été données dans les *Annales des P. T. T.* de novembre 1928. Dans le présent article, MM. Martin et Gray, qui ont été personnellement intéressés à sa réalisation et à sa mise en service à Paris, indiquent les caractéristiques essentielles des divers appareils constitutifs, ainsi que le mode général d'utilisation des deux systèmes.

P. C.

43. Perfectionnement à la fabrication des fils krupisés (Kurt Lapkamp, *T. F. T.*, août 1929). — L'auteur décrit un nouveau procédé d'enroulement du fil de fer sur le conducteur de cuivre, permettant d'obtenir des spires régulières et parfaitement jointives, même avec un fil de fer de diamètre irrégulier. Il signale l'accroissement notable de l'inductance qu'on peut obtenir en portant au rouge le fil krupisé ; l'efficacité de ce traitement thermique est accrue si le fil a été préalablement enduit de certaines matières organiques.

R. B.

45. Les appareils transporteurs mécaniques de bureau ; installation pneumatique pour la transmission des fiches, distributeur et poste collecteur, dans un central téléphonique interurbain (J. Jacob, *Technique Moderne*, 15 juillet 1929). — Description de l'installation pneumatique du central interurbain de Paris. Les fiches établies par les annotatrices sont transmises à

une table de tri, puis renvoyés aux opératrices, qui, après la communication, la font parvenir à un bureau collecteur comptable. La transmission est assurée par l'action de l'air, comprimé ou raréfié, sur les fiches introduites pliées dans des tubes plats de section appropriée. Dans la transmission d'un poste vers plusieurs postes (cas du second parcours), on se sert d'air comprimé ; dans le cas contraire (premier et troisième parcours), on se sert d'air aspiré.

Plusieurs schémas et photos montrent le fonctionnement des appareils d'expédition et de réception fonctionnant au vide ou à la compression.

L'auteur donne également quelques renseignements sur des installations analogues en service à l'étranger.

A. L.

46. La téléphonie automatique interurbaine au Maroc (M. Dubeauclard, *Annales P. T. T.*, juillet 1929).

46. Un système d'automatique rural rotary (W. Hatton, *Electrical communication*, juillet 1928). — De petits automatiques du système rotary, d'une capacité variant de 100 à 400 et même 600 lignes, ont été installés en Suisse près de Zurich. Ces centraux ruraux sont équipés, comme les grands centraux, avec des chercheurs, des enregistreurs et des sélecteurs. Le moteur ne démarre que lors d'un appel. Les signaux de dérangement sont transmis au bureau principal, qui peut faire certains essais à distance. Les lignes d'abonnés sont déconnectées de l'automatique quand elles ne satisfont plus à certaines conditions de résistance et d'isolement. Les communications interurbaines s'obtiennent avec un numéro d'un seul chiffre (0 ou 9 suivant le bureau manuel demandé). Il en faut trois pour une communication locale.

A. L.

46. Un système de dispatching à intercommunications (J. Billing, *Electrical communication*, juillet 1929). — Dans le dispatching ordinaire employé dans les chemins de fer, une station ne peut en appeler une autre que par l'intermédiaire d'un contrôleur. Dans le système décrit ici, n'importe quelle station peut en appeler une autre sans intervention du poste principal. Les stations sont reliées par un circuit à deux fils et alimentées par une batterie sans terre, placée au milieu de la ligne, et d'une tension de l'ordre de 200 volts. Les sélecteurs sont actionnés par des impulsions de courants obtenues en shuntant périodiquement la ligne suivant un code convenu. De

Apprenez à

PARLER L'ANGLAIS, L'ESPAGNOL

PAR LA CORRESPONDANCE

rapidement, aisément, à peu de frais par la Méthode

“BERLITZ CHEZ SOI”

(B. C. S.)

APPLICATION RATIONNELLE DE LA MÉTHODE BERLITZ
A L'ENSEIGNEMENT DES LANGUES PAR LA CORRESPONDANCE

Depuis 50 ans, les Ecoles Berlitz, répandues dans le monde entier, se sont spécialisées dans l'*Enseignement des langues vivantes* et y ont acquis une expérience incomparable. La direction des Ecoles Berlitz a voulu faire bénéficier de cette expérience tous ceux qui désirent apprendre pratiquement les Langues et ne peuvent fréquenter une école Berlitz. Elle a créé la méthode *Berlitz chez soi* dont le succès a été tout de suite très grand parce qu'elle donne des résultats pratiques étonnamment rapides.

Les cours de Langues par T. S. F. donnés au Studio de l'Ecole Supérieure des P. T. T. sont faits par les professeurs de l'Ecole Berlitz.

Pour tous renseignements, s'adresser au Directeur de l'Ecole Berlitz à Paris, 31, boulevard des Italiens.

Les Ecoles Berlitz de Marseille, Barcelone, Bruxelles font également des cours par T. S. F.

Demandez la notice B. C. S. et T. S. F. franco

à L'ÉCOLE BERLITZ

31, Boulevard des Italiens, PARIS

LEÇONS A L'ÉCOLE, A DOMICILE,
PAR CORRESPONDANCE, PAR T.S.F.

Bureau de Traductions. Spécialité : Traductions techniques en toutes langues
R. C. Seine 64.322

tels systèmes sont employés en France par presque tous les grands réseaux. A.L.

46. Bureaux automatiques ruraux (Speight et Dallow, *Electrical Engineers Journal*, juillet 1929). — Les centraux automatiques ruraux récemment mis en service par l'office britannique fonctionnent avec une batterie centrale. Les abonnés, mis en relation avec l'automatique par simple décrochage, peuvent obtenir, en composant un nombre de deux chiffres, soit une ligne vers un bureau manuel, soit un abonné du même central automatique.

Les principales particularités du système sont les suivantes. Chaque commutateur a une capacité de 25 directions (abonnés et jonctions), et l'on peut installer jusqu'à quatre meubles semblables dans un même bureau. Chaque unité comporte quatre circuits de connexion, composés d'un chercheur d'appels rotatif sans position de repos, associé à un sélecteur à deux mouvements du type Strowger. Un commutateur d'assignation des circuits est aussi adjoint à chaque unité. Le bureau fonctionne sous une tension de 46 à 52 volts. Le comptage des appels locaux se fait automatiquement, et l'on a prévu des postes à prépaiement. Au bout de 20 secondes, un abonné qui n'a pas numéroté correctement est déconnecté.

En cas de boucle permanente ou de défaut sur la ligne d'abonné, celle-ci est renvoyée au bout de 20 secondes sur un relais de grande résistance. Si le défaut disparaît, le circuit est rétabli normalement.

L'opérateur du bureau manuel peut vérifier directement l'état du bureau automatique en formant sur son cadran un numéro spécial (99).

Il ne peut y avoir plus de dix jonctions, numérotées 01, 02, etc..., vers un ou plusieurs bureaux manuels. A.L.

48. Un appareil destiné à mesurer les petites amplitudes des vibrations (W. Bragg, *Journal of scient. instr.*, juin 1929). — Traité dans *Annales P.T.T.*, octobre 1929.

48. Remarques sur les mesures de déséquilibre de capacité des câbles téléphoniques (R. Dunand, *R.G.E.*, 20 juillet 1929). — Dans un précédent article, l'auteur a indiqué quelles étaient, à son avis, les expressions des déséquilibres de capacité permettant de caractériser les quartes d'un câble au point de vue de la diaphonie. D'autres expressions ont été proposées récemment par M. Engelhardt. L'auteur montre en quoi différentes ces expressions, explique pourquoi celles qu'il a établies lui paraissent plus caractéristiques

de la qualité d'une grande longueur de câble, et indique des méthodes de mesure permettant de les déterminer simplement.

L.-J. C.

48 et 33. Mesures sur les courants de très basses fréquences et application à la localisation des défauts sur les câbles sous-marins (H. Salinger et H. Kröner, *T.F.T.*, août 1929). — Voy. sous le numéro 38.

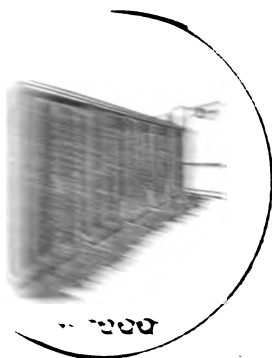
49. Conférences à distance (P. Kasperek et R. Feldtkeller, *E.T.Z.*, 4 juillet 1929). — En Allemagne, ont déjà été organisées plusieurs conférences à distances, où les participants se trouvent réunis dans des localités diverses, en des salles pourvues de microphones et de haut-parleurs, reliées par l'intermédiaire du réseau général de câbles téléphoniques. Les auteurs indiquent quelles qualités doivent posséder les microphones et haut-parleurs employés, suivant la nature de la conférence, l'acoustique et les dimensions des salles de réunion, quelles conditions doivent être remplies par les organes de la transmission téléphonique (câbles et répéteurs), comment doit être compensée la distorsion des câbles, comment doivent être réglés les niveaux, et comment peuvent être éliminés certains effets d'écho ou de couplage entre transmetteurs et récepteurs.

L.-J. C.

51. La nouvelle convention radioélectrique de Prague et la suppression des interférences entre les émissions de radio-diffusion (M. Adam, *R.G.E.*, 13 juillet 1929). — Une conférence radiotélégraphique européenne, réunie à Prague en avril 1929, a préparé un nouveau plan de répartition des longueurs d'onde entre les stations de radio-diffusion, et précisé certaines conditions à observer pour éviter les brouillages (stabilité de la fréquence, suppression des émissions à arcs et à étincelles). L'intervalle laissé entre deux fréquences voisines de postes différents est, suivant les cas, de 9.000 ou 10.000 périodes par secondes : ceci exige la réception sur appareils assez sélectifs, mais la sélection ne doit pas être exagérée au détriment de la fidélité. Toutefois, au voisinage des stations puissantes et dans des directions privilégiées, il est impossible d'éliminer la réceptions du pote rapproché, quelle que soit la sélectivité de l'appareil. L'auteur estime que le remède à cet inconvénient est d'écarter les stations puissantes du centre des agglomérations. L.-J. C.

54. Le fonctionnement des tubes à vide comme générateurs de puissance de haute

INSTALLER LE Système automatique

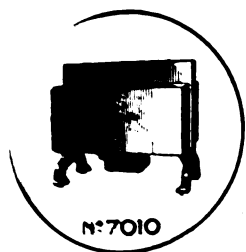


Nous construisons
4 Modèles de
commutateurs
automatiques :



N° 7010 - jusqu'à 20 lignes
N° 7001 - jusqu'à 70 lignes
N° 7000 - de 100 à 400 lignes.
N° 7BMSS - de 300 à 900 lignes.

Nous envoyons gratuitement sur
demande tous renseignements



"Le Matériel Téléphonique"

Société Anonyme au Capital de 150.000.000 de francs

46 AVENUE DE BRETEUIL PARIS (VII^e)

fréquence (*Industrie électrique*, 25 mai, 10 et 25 juin, 10 et 25 juillet 1929). — Etude théorique du fonctionnement des lampes à trois électrodes en oscillatrices (caractéristiques, circuits, manipulations, rendement, etc...) A. L.

58. La mise sous écran dans les mesures en haute fréquence (J. G. Ferguson, *Bell System Technical Journal*, juillet 1929). — Dans cette étude détaillée de la mise sous écran dans les mesures en haute fréquence l'auteur rappelle les principes généraux exposés complètement dans des travaux antérieurs de G. A. Campbell (*Electrical World and Engineer*, avril 1904), de W. J. Shackleton (*A. I. E. E. Journal*, février 1927), de Küpfmüller (*E. N. T.*, septembre 1925) et de Owen (*Proc. Phys. Soc. London*, octobre 1904). Il indique les deux moyens principaux de protection (protection magnétique et protection électrostatique) ainsi que les avantages qu'ils permettent d'obtenir et les erreurs systématiques qu'ils sont susceptibles d'entraîner. P. C.

64. L'alimentation de Paris en énergie électrique (Soulier, *Industrie électrique* (25 mai, 10 juin et 25 juillet 1929). — Etude détaillée des divers modes de distribution de l'énergie électrique dans la région parisienne (réseau à haute tension, zones à courant continu, monophasé, diphasé, usines génératrices, nouvelles sous-stations, etc...). A. L.

65. La décharge électrique dans les gaz rares (M. Laporte, *Annales P. T. T.*, juillet 1929).

67. Les variations de la résistance électriques de différents métaux sous l'influence de champs magnétiques (Vilbig, *Arch. f. Elektrotechnik*, 15 juin 1929). — L'effet Hall est connu depuis longtemps : les milieux des côtés opposés d'une mince lame métallique rectangulaire sont connectés à une source de courant ; un galvanomètre sensible est connecté aux milieux des deux côtés ; ce galvanomètre subit des déviations lorsque des lignes de force d'un champ magnétique traversent perpendiculairement la surface de la plaque métallique ; le sens du courant varie avec la direction du champ et dépend de la matière étudiée. Dans l'effet Hall, le courant primaire (amené) et le courant

secondaire (mesuré au galvanomètre) n'ont pas la même direction. Mais il existe aussi un effet longitudinal dans le sens du courant primaire auquel un courant secondaire s'ajoute ou se retranche simplement. Le phénomène est moins net et se manifeste par une augmentation ou une diminution apparente de la résistance électrique des matériaux étudiés.

M. Vilbig a étudié les variations de résistance de fils métalliques placés dans des champs magnétiques longitudinaux ou parallèles à la direction du fil et dans des champs magnétiques transversaux ou perpendiculaires à la direction du fil. C'est la variation relative $\frac{dR}{R}$ qui est surtout intéressante.

Les conclusions du travail sont les suivantes :

Dans le cas du nickel et dans un champ longitudinal, $\frac{dR}{R}$ est en général positif.

Il ne peut devenir négatif qu'en cas d'inversion du champ. Il ne peut être négatif que pour de faibles valeurs du champ, inférieures à 40 gauss. Il y a des courbes stables et des courbes instables ; et les dernières ont tendance à se transformer en premières.

Dans un champ transversal, $\frac{dR}{R}$ est négatif. Pour obtenir les mêmes valeurs absolues que dans un champ longitudinal, il faut ici un champ plus puissant.

Le fer et l'acier se comportent comme le nickel dans un champ longitudinal ; mais l'intensité du phénomène observé est à peu près le sixième de celle qu'on obtient avec le nickel.

Dans un champ transversal, $\frac{dR}{R}$ est positif, contrairement à ce que l'on obtient avec le nickel.

Avec l'argent et le cuivre, il n'a été observé aucun phénomène.

Avec le bismuth, $\frac{dR}{R}$ est positif dans un champ longitudinal, et les variations de résistance sont très faibles. Elles sont au contraire importantes dans un champ transversal, et $\frac{dR}{R}$ est toujours positif.

LA TECHNIQUE MODERNE.

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

- LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE**, 3, rue Thénard, Paris (5^e)
- CONSTRUCTION DES LIGNES AÉRIENNES** (1) par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (3^e édit., 1 vol. autogr., de 362 p., et 188 fig.)..... 25 fr.
- CONSTRUCTION DES LIGNES SOUTERRAINES** (1), par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 346 p., 153 fig. et 17 pl.)... 3 fr.
- COURS DE PROTECTION DES LIGNES** télégraphiques et téléphoniques contre les lignes d'énergie (1), par E. PICAULT, ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr., de 493 p., 65 fig. et 2 pl.)..... 35 fr.
- COURS D'INSTALLATIONS TÉLÉPHONIQUES**, par MILON, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. typogr., de 460 p., 294 fig., 15 pl.)..... 45 fr.
- COURS D'EXPLOITATION TÉLÉGRAPHIQUE** (1), par L. RAYNAL, ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr. de 175 p.)..... 18 fr.
- PRINCIPES GÉNÉRAUX D'EXPLOITATION TÉLÉPHONIQUE** (1), par MILON, ingénieur en chef des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 272 p. et 20 fig.)... 18 fr.
- TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SANS FIL** (1), par VEAUX, ingénieur en chef des P.T.T., (1 vol. typogr. de 320 p. et 362 fig.)
(En réimpression)
- COURS SUR L'ORGANISATION ET LE CONTRÔLE DE L'EXPLOITATION DES BUREAUX TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES** (1), par LEVEAU, chef de bureau téléphonique hors classe breveté, (1 vol. autogr., de 190 p.).... 18 fr.
- COURS D'EXPLOITATION POSTALE** par FERRIERE chef de bureau des P.T.T. (2 vol. typogr. de 241 et 306 p.)..... 40 fr.
- COURS DE COMPTABILITÉ et de droit budgétaire** (1), par FERET DU LONGBOIS directeur au ministère des Finances (1 vol. typogr., 3^e éd., 156 p.)..... 15 fr.
- CONFÉRENCES DE COMPTABILITÉ Industrielle et commerciale**, par G. VALENSI ingénieur en chef des P.T.T. (1 vol. autogr. de 276 p.)..... 18 fr.
- COURS DE MACHINES** (1), par M. SAUVAGE, inspecteur général des Mines (1 vol. autogr., 207 p., 70 fig.)..... 15 fr.
- COMPLÉMENTS DE MATHÉMATIQUES** (1), par B. COLLIN, agrégé de l'Université, professeur au lycée Saint-Louis et à l'Ecole supérieure des P. T. T. (1 vol. autogr. de 84 p.)..... 7 fr.
- COURS ÉLÉMENTAIRE DE TÉLÉPHONIE** (2), par Louis GRELAUD, contrôleur principal des P.T.T. (2^e éd., 1 vol. autogr., de 180 p. et 127 fig.)..... 22 fr.
- COURS D'ÉLECTRICITÉ** (2) (Application à la téléphonie et à la télégraphie à l'usage des agents mécaniciens et du Personnel des P. T. T.), par Ch. SUCHET, ingénieur des P.T.T., (3^e édit. 2 vol. typogr. de 299 p. et 236 p.) Tome I, 30 fr.; Tome II, 22 fr.
- COURS DE MULTIPLES TÉLÉPHONIQUES** (2) (à l'usage des agents mécaniciens et du Personnel des P. T. T.), par Paul JOLY, ingénieur en chef des P.T.T. 2^e édit. 1 vol. autogr., 519 p., 147 fig. et un atlas de 70 pl.)..... 60 fr.
- COURS DE TÉLÉPHONIE AUTOMATIQUE** (2) (à l'usage des agents mécaniciens et du Personnel des P. T. T.), par Ch. PETIT, ingénieur en chef des P.T.T. (2 vol.).
Livre I (415 pages, 182 fig. et 39 pl. hors-texte) 55 fr.
Livre II (en impression)
- MANUEL DE L'OUVRIER** des lignes aériennes télégraphiques et téléphoniques, par L. DROUET, ingénieur en chef des P.T.T. (3^e éd., 1 vol. typogr. 13×18, de 254 p. et 158 fig.)..... 18 fr.

(1) Cours professé à l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes.

2) Cours professionnels.

➡ UN JEU DE LAMPES ⬅

RADIOFOTOS...



Les oscillatrices M40 et
M X 40 sont **SENSIBLES**

Les moyennes fréquences
C 9 et C 25 sont **STABLES**

Les détectrices Radiofotos et la
D 15 sont puissantes et **PURES**

Les Radiofotos basses fréquences type D 9
et D 5 et les trigrilles D 100 sont **PUISSANTES**

DEMANDER LES NOTICES EXPLICATIVES ET LE
CATALOGUE GÉNÉRAL DES LAMPES **RADIOFOTOS**

...VOUS DONNE ENFIN
➡ L'ACCORD PARFAIT ⬅

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

(Suite)

COURS DE T. S. F. (à l'usage des commis des P. T. T. destinés au service de l. T. S. F.), par VEAUX, ingénieur en chef des P. T. T. (1 vol. typogr. de 366 p., 351 fig. et 6 pl.).....	35 fr.
INSTRUCTION SUR LA CONSTRUCTION et l'entretien des lignes aériennes (1927) (1 vol. relié, de 344 p., 100 fig. dont 1 pl. hors texte), 3 ^e éd.....	18 fr.
INSTRUCTION PROVISOIRE SUR LA CONSTRUCTION et l'entretien des lignes souterraines (1924) (1 vol. relié, de 260 p., 122 fig.).....	22 fr.
INSTRUCTION SUR LA COMBINAISON DES CIRCUITS et leur appropriation à la télégraphie et à la téléphonie simultanées (1921) (1 plaquette reliée de 26 p., 20 fig. et 2 pl. hors texte), 2 ^e éd.....	4 fr. 50
INSTRUCTION SUR LA PROTECTION des installations télégraphiques et téléphoniques de l'Etat contre les courants industriels (1918) (1 vol. relié, de 140 p.).....	8 fr.
INSTRUCTION SUR LES ESSAIS et mesures électriques et le relèvement des dérangements de lignes et de postes (1927) (1 vol. relié, de 188 p. et 42 fig.) 3 ^e éd.....	12 fr.
INSTRUCTION SUR L'INSTALLATION et l'entretien des postes téléphoniques d'abonnés (1921) (1 vol. relié, de 64 p. et 22 fig. dont 7 pl.), 2 ^e éd.....	7 fr.
INSTRUCTION SUR L'INSTALLATION des bureaux télégraphiques principaux (1919) (1 vol. relié, de 86 p., 64 fig. dont 33 pl.).....	10 fr.
INSTRUCTION SUR L'INSTALLATION de l'éclairage électrique à l'intérieur des locaux (19.0) (1 vol. relié, de 74 p., 32 fig. dont 3 pl. hors texte). (<i>En réimpression.</i>)	
INSTRUCTION SUR L'ENTRETIEN et le réglage des appareils télégraphiques (1920) (1 vol. relié, de 154 p. et 39 fig.). <i>En réimpression.</i>	
LA TECHNIQUE TÉLÉGRAPHIQUE EN FRANCE depuis l'origine , par R. MONTORIO, inspecteur des P.T.T. (1 vol. typogr., de 240 pages, 113 fig. et 21 portraits hors texte).	4 fr.
LA POSTE MILITAIRE EN FRANCE (Campagne 1914-1919), par A. MARTY, inspecteur général des P. T. T., chargé de la Poste militaire aux armées au Grand Quartier Général (1 vol. 16 × 25 de 139 p.).....	9 fr.
CONDITIONS D'INSTALLATION des bureaux de poste, de Télégraphe et téléphone (une plaquette 13 × 18 de 47 p.).....	2 fr. 50.

GAUTHIER-VILLARS, 55, Quai des Grands-Augustins, Paris (6^e) :

DE LA PROPAGATION DU COURANT TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE
(THE PROPAGATION OF THE ELECTRIC CURRENTS, par J.-A. FLEMING) :
traduit de l'anglais par RAVUT, ingénieur des P.T.T. (1913). — 1 vol.....

COURS D'ÉLECTRICITÉ THÉORIQUE (1), par POMEY, Inspecteur général des P.T.T. (1914). — 2 vol. Tome I..... 35 fr.
Tome II..... 100 fr.

INTRODUCTION A LA THÉORIE DES COURANTS TÉLÉPHONIQUES ET DE LA RADIOTÉLÉGRAPHIE, par POMEY, inspecteur général des P.T.T. (1920). 60 fr.

ANALOGIES MÉCANIQUES DE L'ÉLECTRICITÉ, par POMEY, inspecteur général des P.T.T. (1921)..... 20 fr.

RADIOTÉLÉGRAPHIE, RADIOTÉLÉPHONIE, RADIO-CONCERTS, par E. REY-NAUD-BONIN, ingénieur en chef des P.T.T. — 1 vol..... 15 fr.

(1) Cours professé à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes.



SUPP-RIM

établir, entre
vous et la per-
sonne appe-
lée, une "liai-
son vivante"
par la pa-
role; pouvoir
se compren-
dre claire-
ment parce
que les mots,
les sons ne
seront pas
déformés...
voilà ce que
le téléphone
Ericsson
vous assure-
ra toujours
parce qu'il
"porte" fidè-
lement la
parole.

LA DISTANCE

TÉLÉPHONE

ERICSSON

53, Bd d'Achères, COLOMBES, (Seine) - Tél. Wagr. 93-58 et 93-68

TÉLÉPHONIE MANUELLE ET AUTOMATIQUE

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

(Suite)

LA TRANSMISSION TÉLÉPHONIQUE THÉORIQUE ET APPLIQUÉE, par HILL, traduit par G. VALENSI, ingénieur des P.T.T. — 1 vol. 70 fr.

MESURES TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES (1), par G. VALENSI, professeur à l'École supérieure des P.T.T. (1 vol. in-8°)..... 50 fr.

Etienne CHIRON, 40, rue de Seine, Paris (6°).

L'ACOUSTIQUE TÉLÉPHONIQUE, LA TÉLÉPHONIE, LA TÉLÉGRAPHIE, par E. RAYNAUD-BONIN, Ingénieur en chef des P.T.T. — 1 vol. de 85 p. et 101 fig. ?..... 12 fr.

L'ONDE ÉLECTROMOTRICE THÉORIE ÉLÉMENTAIRE DES TRANSMISSIONS DE COURANTS ALTERNATIFS, APPLICATIONS AUX LIAISONS TÉLÉPHONIQUES, par L. AGUILLON, Ingénieur des P.T.T. — 1 vol. 24 fr.

PRINCIPE DE CALCUL VECTORIEL ET TENSORIEL (ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ, SECTION DE RADIOTÉLÉGRAPHIE), par POMEY, Inspecteur général des P.T.T. 36 fr.

J.-B. BAILLÈRE ET FILS, 19, rue Hautefeuille, Paris (6°)

APPAREILS ET INSTALLATIONS TÉLÉGRAPHIQUES (1), par E. MONTORIOL, Inspecteur des P.T.T. — 1 vol. 40 fr.

LES SYSTÈMES DE TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE, par E. MONTORIOL, Inspecteur des P.T.T. — 1 vol. 40 fr.

APPAREILS ET INSTALLATIONS TÉLÉPHONIQUES (1), par E. REYNAUD-BONIN, Ingénieur en chef des P.T.T. — 1 vol. 50 fr.

RADIOTECHNIQUE GÉNÉRALE, par G. GUTTON, professeur à la faculté des sciences de Nancy. 1 vol. grand in-8 de 572 p. avec 303 fig. Broché : 90 fr. (ajouter 10 % pour frais d'envoi).

BERANGER, 15, rue des Saints-Pères, Paris (6°).

TRAITÉ DE TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE, par H. THOMAS, inspecteur général honoraire des P.T.T. (1 fort volume grand in-8° de 1214, p. 939 figures, 2° éd., revue et augmentée. Relié (2610 gr).....120 fr. — hausse 40 %

LES CABLES TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES (TELEGRAPHEN UND FERNSPRECHKABEL-ANLAGEN, par STILLE); traduit de l'allemand par PICAULT, Ingénieur, et E. MONTORIOL, Inspecteur des P.T.T. (1914). — 1 vol. in-8°.....35 fr. — hausse 40 %

DUNOD, 92, rue Bonaparte, Paris (6°).

INSTALLATIONS TÉLÉPHONIQUES, GUIDE PRATIQUE A L'USAGE DU PERSONNEL DES P.T.T. ET DES MONTEURS-ELECTRICIENS, par J. SCHILLS, directeur honoraire des P.T.T., 5° éd., revue et mise à jour par C. CORNET, ingénieur en chef des P.T.T., (1925). — 1 vol. in-8°.....relié, 44 fr ; broché, 35 fr.

L'ALLÈGE, 15, rue Monge, Paris (5°)

LA POSTE AUX LETTRES (1), par PIGNOCHET, Chef de Bureau breveté au Service Central des P.T.T., 1 volume illustré prix d'édit. 10 fr.

Chez A. DUMAS, 6, rue de la Chaussée-d'Antin, Paris (9°) :

Les dix premières années des **ANNALES DES P.T.T.** — L'année complète, pr. : 20 fr.

Le prix des années dont certains numéros sont épuisés sera réduit proportionnellement au nombre des numéros manquants.

(1) Cours professé à l'École Supérieure des Postes et télégraphes.

ACCUMULATEURS DININ

pour T. S. F. — STANDARDS TÉLÉPHONIQUES
et toutes applications

SOCIÉTÉ DES ACCUMULATEURS ÉLECTRIQUES

(Anciens Établissements Alfred DININ)

Société Anonyme au Capital de 15.000.000 de francs

18, Avenue du Maréchal-Joffre. — NANTERRE (Seine)

Succursales à PARIS : 23, Avenue de la Grande-Armée (16^e) — 48, Rue de Malte (11^e)

Succursale à LYON : 181, Avenue de Saxe



LES

CABLES DE LYON

MANUFACTURE DE FILS ET CABLES ÉLECTRIQUES
DE LA COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ S. A. CAP 130 MILLIONS

SIÈGE SOCIAL : 54, RUE LA BOÉTIE, PARIS

DIRECTION ET BUREAUX À LYON :

418-420, AVENUE JEAN-JAURES

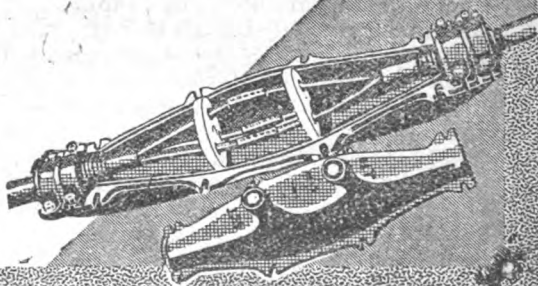
USINES : 41, RUE DU PRÉ GAUDRY, 41

SUCCURSALE À PARIS :

16, RUE DE LA BAUME, 16 — TÉLÉPHONE : ÉLYSÉES 45-98

AINSI QUE DANS LES PRINCIPALES VILLES DE FRANCE

Tous fils et câbles
électriques isolés
Accessoires pour
réseaux souterrains



SOCIÉTÉ ANONYME DES TUBES DE VALENCIENNES ET DENAIN

CAPITAL : 5.500.000 FRANCS

Siège social et Usine à VALENCIENNES (Nord)

Maison à Paris : 16 bis à 24, Passage d'Angoulême

Tubes soudés et sans soudure pour tous usages

TUBES CARRÉS
pour lignes électriques

Adresser la correspondance à Valenciennes

Téléphone : 117 VALENCIENNES

R. C. Valenciennes 499

MANUFACTURE DE FILS & CABLES ÉLECTRIQUES

Spécialités de Cordons pour Récepteurs, Combinés, Standards, etc...

Cordons pour T.S.F.

Établissements A. MEUNIER, VERGNAUD & C^{ie}

Société à responsabilité limitée — Capital 200.000 francs

Fournisseur des P.T.T.

BUREAUX ET ATELIERS :

3, Rue Rigaud, 3

LE BOURGET (Seine)

REGISTRE DU COMMERCE :

SEINE n° 221.671

Téléphone : NORD 64-67

Gare : BOURGET-DRANCY

Tramways 52 et 72

INDEX

	Pages
DOCUMENTATION.	D. 51, D. 52, D. 53, D. 54
BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES P.T.T.	8, 10, 12
Forges et ateliers de constructions électriques de Jeumont.	2
Ecole Berlitz.	4
Le Matériel Téléphonique.	6
Grammont.	9
Société des Téléphones Ericsson.	11
Société française Gardy.	13
Société anonyme Siemens-France.	14
La machine à affranchir Havas.	14
Compagnie des Téléphones Thomson-Houston.	15
Grand Bazar de l'Hôtel-de-Ville.	16
Etablissements Gaiffe-Gallot et Pilon.	16
Ateliers J. Carpentier.	17
Cambridge Instrument C ^o Ltd.	18
Compagnie générale transatlantique.	18
Société alsacienne de constructions mécaniques.	19
Société anonyme Lidgerwood.	21
Société d'Etudes pour liaisons téléphoniques et télégraphiques à longue distance.	22
Association des ouvriers en instruments de précision.	22
Compagnie française des câbles télégraphiques.	23
Lignes télégraphiques et téléphoniques.	25
Louvroil et Recquignies.	26
Chauvin et Arnoux.	26
Le Carbone.	27
Compagnie des Lampes.	27
Librairie de l'Enseignement Technique.	28
Société industrielle des Téléphones.	29
Vocabulaire Téléphonique International.	30
Société des accumulateurs électriques.	31
Les Câbles de Lyon.	31
Société anonyme des tubes de Valenciennes et Denain.	31
Etablissements A. Meunier, Vergnaud et C ^{ie}	32
Ecole spéciale des Travaux publics.	III
Société française des Appareils Creed.	IV

SOCIÉTÉ FRANÇAISE
ARGENTEUIL (S.-&-O.) **GARDY**
 R. C. : VERSAILLES 6457



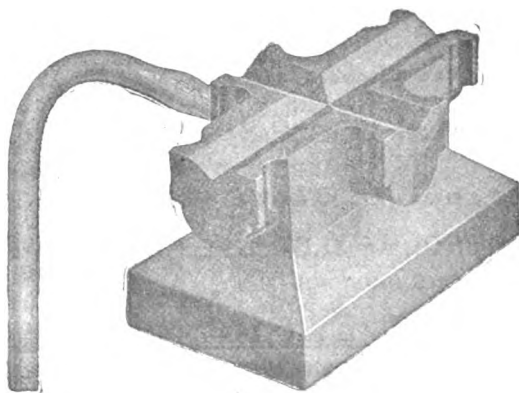
TÊTE DE CABLE
N° 10675

*Vue montrant
 les 2 bornes de connexion
 des conducteurs*

TÊTES DE CABLE
EN MATIÈRE MOULÉE
POUR CABLES A DEUX CONDUCTEURS
PERMETTANT LE RACCORDEMENT
DES LIGNES TÉLÉPHONIQUES
AUX POSTES D'ABONNÉS

TÊTE DE CABLE
N° 10675

*Vue montrant
 les rainures destinées
 à la fixation sur consoles*



MARQUE



DÉPOSÉE

Après la cessation du travail

l'incendie guette votre entreprise!

Malgré les gardiens les plus attentifs, qui font consciencieusement leurs rondes, une petite étincelle peut causer entre temps un grave incendie.

— A qui incombe la surveillance des locaux abandonnés ? —

**LES GARDIENS LES PLUS SURS
ET LES PLUS EXACTS**

sont les

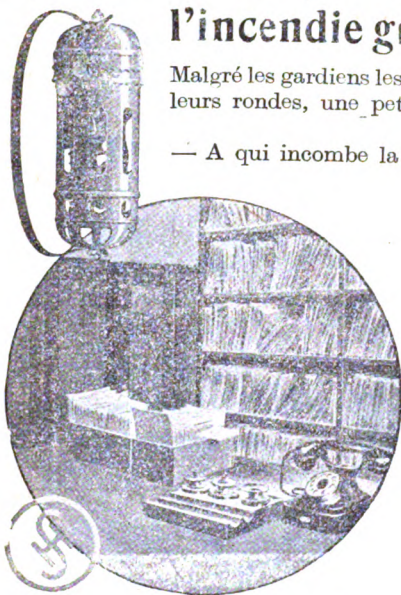
**AVERTISSEURS AUTOMATIQUES
SIEMENS**

Ils signalent automatiquement et instantanément chaque commencement d'incendie. Même après un service de plusieurs années, ils donnent infailliblement l'alarme.

Notices explicatives et références sur demande.

SIEMENS-FRANCE S.A.
17, rue de Surène, PARIS (8^e)

Téléph. Anjou 04-00, 04-01, 04-02, 04-03, 04-04



LA MACHINE A AFFRANCHIR HAVAS

agréée et adoptée par l'Administration des P.T.T.

SIMPLIFIE LES OPÉRATIONS POSTALES

AU BUREAU DE POSTE ET CHEZ L'USAGER

EN SUPPRIMANT LES TIMBRES ET LEUR OBLITÉRATION

CONTROLE - SÉCURITÉ - ÉCONOMIE

RAPIDITÉ D'ACHEMINEMENT

GAIN DE TEMPS AU DÉPART

SUPPRESSION de la COMPTABILITÉ des TIMBRES

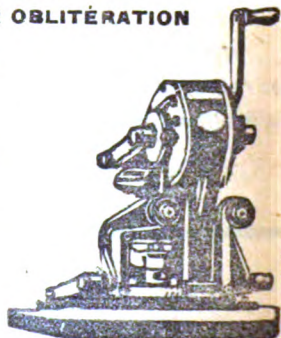
PROPRETÉ - HYGIÈNE - PUBLICITÉ

RENSEIGNEMENTS ET DÉMONSTRATION :

AGENCE HAVAS

11, Boulevard des Italiens, PARIS — Tél. : LOUVRE 36-30

et dans ses succursales de province





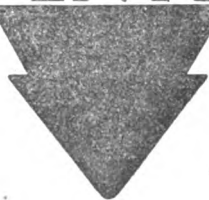
**INSTALLATIONS
TÉLÉPHONIQUES**
de tous genres et
de toutes capacités

INSTALLATION

ENTRETIEN

LOCATION

VENTE



COMPAGNIE DES TÉLÉPHONES

Telegrammes:
ELIHUMICRO
— 15 — PARIS

THOMSON-HOUSTON

Société Anonyme — Capital: 60 Millions de Frs

254, rue de Vaugirard, PARIS

Telephone:
SÉGUR 88-50
6 88-55

Notices, tarifs et renseignements franco sur demande.

AMATEURS!...

Télégraphie **S**ans **F**il
.éléphonie

Tout pour les amateurs
 et rien que pour les amateurs

.....

Postes complets — Pièces détachées

.....

Grand Bazar de l'Hôtel-de-Ville

Le rayon d'électricité le meilleur marché

Seine 94.704

RUE DE RIVOLI PARIS

PILE FERY | PILE SÈCHE GGP

à dépolarisation par l'air

SONNERIES, TÉLÉPHONES, PENDULES, T.S.F., ETC.

Un zinc et une charge durent :

TENSION-PLAQUE
 4 lampes (B^o OOS) **750** heures

TENSION-PLAQUE
 6 lampes (B^o OS) **1.500** heures

CHAUFFAGE DIRECT
 Sans accus (Pile SUPER 3) **1.000** heures

Durée d'écoute :

TENSION-PLAQUE
 3 lampes (B^o 32-71) **1.600** heures

TENSION-PLAQUE
 6 lampes (B^o 32-71) **800** heures

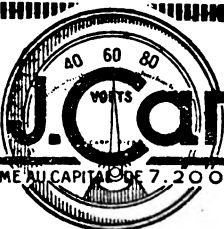
CH. DES FILAMENTS
 4 lampes (B^o 4-63) **800** heures

ÉTABLISSEMENTS GAIFFE-GALLOT & PILON

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 12.000.000 DE FRANCS

34, Boulevard de Vaugirard — PARIS (15^e arrond.)

R. C. SEINE 70-781



Ateliers J. Carpentier

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 7.200.000 FRANCS

INSTRUMENTS DE PRÉCISION

Mesures Electriques

Télégraphie

-- Géodésie --

Navigation Maritime

et Aérienne

Optique

etc...

SIÈGE SOCIAL ET BUREAUX :

20, Rue Delambre, PARIS-XIV^e

Téléph. { Danton 65-43
Danton 65-44
Danton 65-45
Danton 65-46

Adresse
Télégraphique :
Ruhmkorff-Paris-43

ATELIERS :

Département Électricité : 14, 16, 18, 20, 22, Rue Delambre

Département Mécanique : 86, Grande-Rue, à Montrouge (Seine)

Téléphone : Vaugirard 02-09

Département Navigation et Optique : 98, Bd du Montparnasse

AGENCES FRANÇAISES :

Alès, Bordeaux, Brest, Caen, Cherbourg, Clermont-Ferrand,

Dijon, Epinal, Grenoble, Lille, Lorient, Lyon, Marseille, Metz,

Montluçon, Nancy, Nantes, Reims, Rouen, Saint-Etienne,

Strasbourg, Toulon, Toulouse, Tours.

VOLTMÈTRES THERMIONIQUES

(Brevet Moullin)

TROIS NOUVEAUX MODÈLES

MODÈLE "C"

Pour fréquences industrielles et téléphoniques. Trois sensibilités : 0,5 à 2; 1 à 12; 10 à 120 volts (valeurs efficaces). Résistance effective : 2 mégohms environ.

MODÈLE "D"

Pour radio-fréquences. Deux sensibilités : 1 à 4; 2 à 20 volts (valeurs efficaces). Echelles à divisions sensiblement égales. Résistance effective : 0,5 mégohm environ.



MODÈLE "E"

Renseignements complémentaires et prix sur demande.

MODÈLE "E"

Pour fréquences industrielles téléphoniques et radio. Deux échelles, à divisions égales, donnant respectivement (à l'aide d'un commutateur) la tension moyenne et la tension maximum à la crête (quelle que soit la forme du courant). Sensibilité : 240 volts efficaces (courant de forme sinusoïdale) pour la déviation totale. Résistance effective : 1 à 2 mégohms.

PARIS :

F. C. Darnatt,

198, rue Saint-Jacques (5^e)

CAMBRIDGE
INSTRUMENT CO. LTD.

WORKS:
LONDON &
CAMBRIDGE

Head Office:
2, Abchurch Lane

45, CROSVENOR PLACE
LONDON, S. W. 1

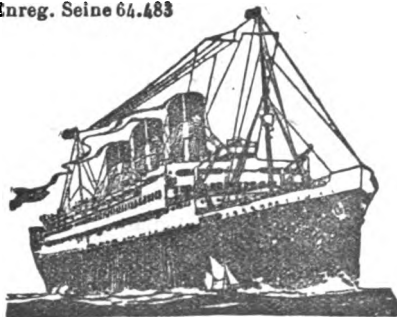
BRUXELLES :

Instruments de Précision Anglais, S. A.,

19, rue Fritj-Toussaint.

C^{IE} G^{LE} TRANSATLANTIQUE

Enreg. Seine 64.483



SERVICES A PASSAGERS

New-York : Départ du Havre, chaque mercredi (service postal). — Nombreux départs supplémentaires le samedi. — Escalles à Plymouth par paquebots *Ile-de-France*, *Paris*, *France*.

CANADA : Départs de Bordeaux toutes les deux semaines pour Halifax et New-York.

Cuba-Le Mexique : Départ postal mensuel de Saint-Nazaire. Nombreux départs supplémentaires.

Cuba-Houston : Départ mensuel sur Cuba et Houston (Texas) via les Canaries et les ports espagnols.

Les Antilles — La Venezuela — La Colombie — Panama — Le Pacifique : Départs réguliers du Havre, de Plymouth et de Bordeaux ou de Saint-Nazaire alternativement tous les quatorze jours.

Baili : Départs mensuels du Havre et de Bordeaux.

Maroc : Départs tous les 10 jours de Bordeaux et de Casablanca.

Algérie-Tunisie : Nombreux départs de Marseille pour : Alger, Oran, Tunis, Bizerte, Philippeville et Bône. Départs supplémentaires pendant l'été.

SERVICES COMMERCIAUX

ÉTATS-UNIS : Départs du Havre et de Bordeaux pour Boston, Baltimore, Philadelphie, Nouvelle-Orléans, Galveston, etc...

Le Mexique : Départs d'Anvers, du Havre et de Bordeaux pour La Havane, Vera Cruz-Tampico.

Les Antilles françaises et la Guyane : Départs du Havre, de Nantes et de Bordeaux.

Nord et Sud-Pacifique : Départs bi-mensuels d'Anvers, du Havre et de Bordeaux desservant les côtes du Pacifique, de l'Amérique du Nord et de l'Amérique du Sud.

Le Maroc : Départs de Rouen, du Havre, de Brest, de Nantes et de Bordeaux.

L'Algérie et la Tunisie : Départs d'Anvers, de Dunkerque, de Rouen, de Brest, de Nantes et de Bordeaux.

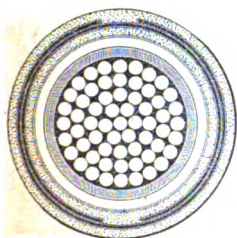
Londres et Liverpool : Départs fréquents de Nantes et de Bordeaux.

Pour tous renseignements, s'adres. : 6, rue Auber, Paris, à la C^{IE} G^{LE} TRANSATLANTIQUE ou à ses agences dans les différents ports français ou étrangers

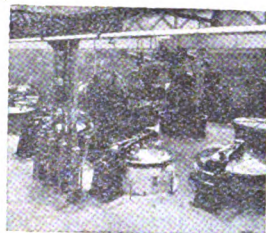
SOCIÉTÉ ALSACIENNE de Constructions Mécaniques

Société Anonyme au Capital de 114.750.000 Francs

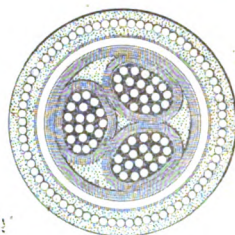
CABLERIE DE CLICHY
Reg. du Commerce : Seine n° 14.000 152-160 Quai de Clichy, à CLICHY (Seine) Adresse télégr. Mecalsac Clichy



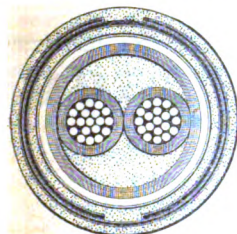
Câble armé à 1 conducteur.



Ardoiers.



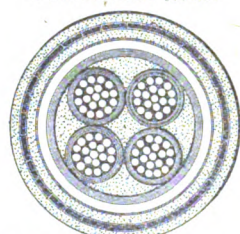
Câble armé fils d'acier
à 3 conducteurs secteur



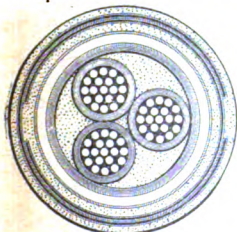
Câble armé à 2 conducteurs.



Assemblage des câbles téléphoniques.



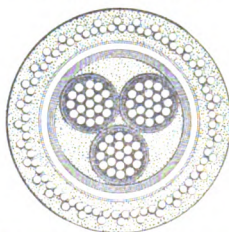
Câble armé fils d'acier plats
à 4 conducteurs ronds



Câble armé à 3 conducteurs.



Expédition des câbles
sur embranchement artériel



Câble armé torsion fils d'acier
à 3 conducteurs ronds

LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

LÉON EYROLLES, ÉDITEUR
3, rue Thénard. — Paris (5^e)

LE GUIDE

DE

L'AMATEUR DE T.S.F.

Le titre de cet ouvrage répond parfaitement à la réalité ; c'est effectivement un guide que les auteurs présentent au public sous une forme scientifique, qui ne se dément pas tout le long de ce livre ; c'est le même caractère scientifique qui différencie cet ouvrage de la plupart de ceux parus jusqu'à ce jour ; ce caractère s'affirme, non pas, comme on pourrait le croire, par l'utilisation de calculs compliqués, mais plutôt par une étude suivie, logique et surtout précise, quoique simple, des divers éléments qui constituent un appareil récepteur, éléments qui doivent être groupés d'une manière convenable, si l'on désire obtenir un ensemble bien construit et de rendement optimum.

Les auteurs se sont particulièrement proposé d'aboutir à la construction raisonnée des appareils ; c'est dire que les données pratiques constituent une grande part dans cet ouvrage ; ces données, établies d'une manière consciencieuse, arrivent dans un ordre logique et leur utilisation en vue de la construction est spécifiée par un nombre élevé d'exemples très précis, portant sur la réception des postes existants.

En définitive, de la lecture de cet ouvrage se dégage une idée directrice : celle d'aboutir à la construction raisonnée.

LIVRE I. — THÉORIE ÉLÉMENTAIRE ET CONSTRUCTION DES APPAREILS RÉCEPTEURS, par MM. VEAUX, Ingénieur en chef des P.T.T., et SANTONI, Inspecteur, tous deux attachés au service de la T.S.F. — Un vol., 16,5 × 25, de 460 pages, 330 figures et nombreux tableaux (3^e édition).

SOMMAIRE. — Introduction, Généralités. Introduction théorique élémentaire à l'étude de la T.S.F. et principalement de la réception. Notions générales d'électricité. Théorie élémentaire des phénomènes mis en jeu en T.S.F. Généralités sur la constitution des postes récepteurs.

Réception. Formalités à remplir pour être autorisé à installer un poste récepteur. Généralités sur la réception. Étude de l'organe capteur d'énergie. Antenne. Cadre. Étude du circuit oscillant. Construction des selfs. Selfs variables. Construction des condensateurs. Postes à galène.

Étude théorique élémentaire des lampes à 3 électrodes. Lampes génératrices d'oscillations entretenues. Étude des montages à réaction et à superréaction.

Qualités et défauts d'un poste récepteur. Les accessoires d'un poste récepteur à lampes. Construction d'un poste récepteur à lampes : à une seule lampe, à plusieurs lampes. Utilisation d'un secteur alternatif pour la production du courant de chauffage des lampes réceptrices. Étude des lampes bigrilles, etc.

Prix..... 25 fr.

LIVRE II. — PROCÉDÉS DIVERS DE MODULATION. CLASSIFICATION DES MONTAGES RÉCEPTEURS MODERNES, par M. VEAUX, Ingénieur en chef des P. T. T. au service de la T. S. F.

SOMMAIRE. — *Les procédés de modulation et de démodulation* : Rappel d'un certain nombre de définitions. Divers procédés de modulation. La démodulation.

Classification et propriétés des montages modernes de réception : Classification des appareils récepteurs. Les postes de réception les plus simples. Les postes à réaction. Les montages Reflex. Les montages neutrodynes. La réception par la méthode superhétérodyne. Les applications de la lampe bigrille. Son utilisation en vue de l'obtention d'un changement de fréquence.

Prix..... 12 fr.

CRICS "SIMPLEX"

à crémaillère et linguets entièrement métalliques



*Type 329 spécial pour l'extraction
et le redressement des poteaux.*

Aucun entraînement nécessaire pour la manœuvre. Ce cric permet d'arracher du sol en moins de 8 minutes les poteaux enracinés à 2 mètres 50 de profondeur. Réalisera en peu de temps une économie de main-d'œuvre supérieure à son prix d'achat.

*Type 322 pour levage
des bobines à câbles.*

Les Crics "SIMPLEX" sont utilisés par les services techniques des Administrations des Postes et Télégraphes de France, Grande-Bretagne, Belgique, Japon, Norvège, Suède, Espagne et les grandes compagnies Américaines.



SOCIÉTÉ ANONYME LIDGERWOOD

114, Faubourg Poissonnière, PARIS (10°)

Télégrammes : LIDGERWOOD-PARIS 83

Téléphone : TRUDAINE 52-77

SOCIÉTÉ D'ÉTUDES

POUR

LIAISONS TÉLÉPHONIQUES & TÉLÉGRAPHIQUES

A LONGUE DISTANCE

Siège Social : 25, rue du 4-Septembre, PARIS

BUREAUX ET LABORATOIRES : 51-53, RUE DE L'AMIRAL-MOUCHEZ, PARIS

.....

Sociétés Fondatrices : S^u Industrielle des Téléphones. — S^u Alsacienne de Constructions Mécaniques. — Etabl^{ts} Industriels Grammont.

ÉTUDE -:- INSTALLATION -:- ENTRETIEN

DE CABLES A LONGUE DISTANCE (Système Pupin et Krarup)

DE BOBINES PUPIN, DE RELAIS AMPLIFICATEURS TÉLÉPHONIQUES

Réalisations des câbles, bobines Pupin et relais par les trois Sociétés fondatrices

ÉTUDE DE TOUS PROBLÈMES DE TRANSMISSION TÉLÉPHONIQUE ET TÉLÉGRAPHIQUE

CABLES POSÉS :

Paris-Ste-Assise. — Lyon-St-Etienne. — Paris-Juvisy

Paris-Rouen-Le Havre. — Paris-Lille

Association des Ouvriers en Instruments de Précision

SOCIÉTÉ ANONYME A CAPITAL VARIABLE

8 à 14, rue Charles-Fourier, PARIS (13^e)

Registre du Commerce : Seine, n° 31.707

MATÉRIEL TÉLÉPHONIQUE

Postes téléphoniques

Machines à percer électriques

Tableaux et appareillage
pour réseaux à batterie
locale et centrale

A.O.P.

Tour de précision A. O. P.

Taraudeuse rapide " Percin "

Téléphone : Gobelins 17-99, 18 80, 40-56 — Adresse télégraphique : ASSOPRÉCI

NOTICES ET DEVIS SUR DEMANDE

Téléphone :
CENTRAL 35.58
56.82

COMPAGNIE FRANÇAISE
DES

Adresse
télégraphique :
CABLES-PARIS

CABLES TÉLÉGRAPHIQUES

Société anonyme au Capital de 24.000.000 de francs

Siège Social : 53, rue Vivienne et 15, boulevard Montmartre, PARIS

Registre du Commerce, n° 39.342 — Seine,

La seule Compagnie Française de Câbles desservant New-York

RAPIDITÉ *Via P. Q.* **EXACTITUDE**

**Trois Câbles Transatlantiques directs entre
Brest et New-York ne touchant pas l'Angleterre**

*Ces 3 Câbles sont prolongés jusqu'à Paris par trois lignes télégraphiques
desservies par des appareils à grand rendement*

La Compagnie possède à PARIS, rue Vivienne, 53 (angle du boulevard Montmartre)
un Bureau spécial où le public peut déposer pour l'Amérique des câblogrammes qui
sont transmis de ce Bureau à New-York, dans des délais extrêmement courts ;

Bureau particulier au Havre P. Q.

Lignes directes vers Bordeaux, Lille, Lyon, Marseille, Nantes, etc...

*Service vers les Etats-Unis, le Canada, les Amériques Centrale et du Sud.
Service indépendant pour Haïti, Cuba, St-Domingue, Porto-Rico, les Antilles
Françaises, Curaçao, Venezuela, Guyanes Française et Hollandaise*

" P. Q. " TÉLÉGRAMMES TÉLÉPHONÉS " P. Q. "

(Réseau de Paris seulement)

Par le Réseau Général : le service des Câblogrammes téléphonés P.Q. permet
au public d'obtenir sans se déplacer la même rapidité d'acheminement que si les câbio-
grammes étaient déposés au Bureau spécial P.Q., 53, rue Vivienne. Il donne de même
la facilité d'avoir communication des câblogrammes reçus d'Amérique dès leur arrivée
au Bureau de la Compagnie (Demander la notice spéciale).

Lignes privées

Des lignes privées directes pour l'échange des câblogrammes peuvent être établies
entre le bureau de la Compagnie et les maisons qui le désirent.

(Pour tous renseignements s'adresser au Service Commercial de la Compagnie).

Par la Via P.Q. peuvent être échangées toutes les catégories de câblogrammes.

Inscrivez sur vos dépêches la mention Via P. Q. (non taxée)

LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

LÉON EYROLLES, ÉDITEUR

3, rue Thénard — Paris (5^e)

COURS

D'ESSAIS ET DE MESURES ÉLECTRIQUES

A L'USAGE DES AGENTS CHARGÉS DU SERVICE DES MESURES
ET DU PERSONNEL DES P.T.T.

PAR

CAILLET, *Ingénieur des P. T. T.*

Un volume (16×25), 452 pages, 204 figures. Prix..... 40 francs

Cet ouvrage est la reproduction du Cours professé aux agents de l'Administration des P.T.T. affectés aux essais et mesures dans les bureaux centraux téléphoniques.

Il décrit les éléments constitutifs des réseaux urbain et interurbain, à la surveillance desquels participe le service des essais et mesures.

Il expose les différentes méthodes employées pour reconnaître l'état des lignes, et localiser les défauts qui peuvent les affecter. Il donne une description détaillée des installations d'essais et de mesures en service dans les bureaux centraux des divers types, et indique l'utilisation rationnelle des organes qu'elles comportent. Il résume les principes suivant lesquels l'Administration a organisé l'entretien et la surveillance du réseau français.

En introduction, l'ouvrage rappelle les notions très élémentaires d'électricité auxquelles il est fait appel dans la suite du cours, ainsi que les caractéristiques des principaux types de bureaux téléphoniques.

TABLE DES MATIÈRES. — **Introduction :** CHAPITRE I. *Notions élémentaires.* I. Courant continu. II. Sources de courant continu. III. Magnétisme et électromagnétisme. IV. Courant alternatif. CHAPITRE II. *Téléphonie.* I. Appareil téléphonique. II. Commutation manuelle. III. Commutation automatique. — **1^{re} Partie :** **Appareils et méthodes de mesures :** CHAPITRE I. *Mesures électriques.* I. Mesures des différences de potentiel et des intensités. II. Mesures des résistances. CHAPITRE II. *Mise en œuvre des méthodes de mesures sur les lignes télégraphiques et téléphoniques :* I. Généralités sur les lignes. II. Essais des lignes au moyen de la boîte de mesures administratives. — **2^e Partie. Dérangements des lignes et postes d'abonnés :** CHAPITRE I. *Lignes d'abonnés.* I. Installation chez les abonnés. II. Lignes aériennes. III. Lignes souterraines. IV. Partie des lignes intérieures au bureau central. V. Défauts pouvant affecter les lignes et postes d'abonnés. CHAPITRE II. *Essais des lignes et mises en observation.* I. Généralités sur les installations d'essais. II. Etude détaillée de l'utilisation d'un type de cordons d'essais. III. Etude générale des mélanges. IV. Mise en observation des lignes en dérangements. CHAPITRE III. *Installations d'essais de divers types et organisation du service.* I. Installations dans les multiples à coupure du relais d'appel. II. Installations dans les multiples sans coupures du relais d'appel. III. Equipement des tables d'essais et d'observations. IV. Essais des lignes dans un bureau automatique. V. Organisation du service des dérangements. — **3^e Partie. Dérangements des lignes interurbaines :** CHAPITRE I. *Réseau interurbain.* I. Lignes aériennes. II. Appropriation et combinaison des circuits. III. Organes de raccordement et de coupure. IV. Affaiblissement des communications. V. Défauts pouvant affecter les lignes interurbaines. VI. Installation des centraux interurbains. VII. Relais amplificateurs. CHAPITRE II. *Essais et mesures sur le réseau interurbain.* I. Installations d'essais et de mesures. II. Exécution du service.

LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES (L.T.T.)

Société Anonyme au Capital de 25.000.000 de francs

R. C. Versailles — 14.148

Siège Social et Usines : CONFLANS-SAINT-HONORINE (Seine-et-Oise)

Services Techniques : 26, rue de la Pépinière, PARIS

ÉTUDE, INSTALLATION ET ENTRETIEN

DE

Lignes télégraphiques et téléphoniques aériennes

ÉTUDE, FABRICATION, INSTALLATION, ENTRETIEN

DE

**CABLES TÉLÉGRAPHIQUES & TÉLÉPHONIQUES
A GRANDE DISTANCE**

CABLES A PAIRES COMBINABLES

CABLES KRARUPISÉS

CABLES SOUS PLOMB ET CABLES ARMÉS

CABLES SOUS-MARINS

Bobines Pupin — Matériel de stations de relais

Pose de câbles aériens, souterrains et en conduites

Entretien de câbles installés

**INSTALLATIONS SPÉCIALES
DE CABLES
TÉLÉGRAPHIQUES
ET TÉLÉPHONIQUES
POUR CHEMINS DE FER**



**DISPOSITIFS
CONTRE L'ELECTROLYSE
ET LES
INTERFÉRENCES
DE LIGNES D'ÉNERGIE**

POTEAUX & POTELETS

en

TUBES CARRÉS

LOUVOIR & RECOIGNIES
SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 24.000.000 DE FRANCS

Siège Social :

60, rue de la Victoire

PARIS

Téléph. : Trudaine 16.19-19.65

Direction générale à Recquignies
par Marpent (Nord)

Usines à

{ LOUVOIR (Nord)

{ RECOIGNIES (Nord)

{ HAUTMONT (Nord)

Reg. Com. : Seine, n° 70.764

CHAUVIN ARNOUX

186-188, Rue Championnet - PARIS-XVIII^e

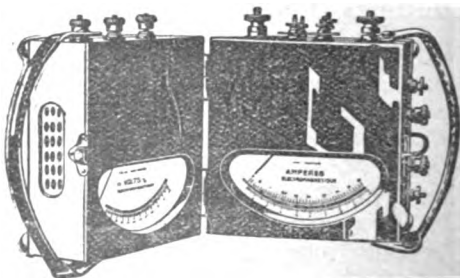
Téléph. : Marcadet 52-41

Télég. : Elécomsur Paris-23

TOUS APPAREILS DE MESURES ÉLECTRIQUES

Tableau — Contrôle — Laboratoire

AMPERMÈTRE - VOLTMÈTRE - WATTMÈTRE - PHASEMÈTRE - F.M.
QUICKMÈTRE - MICROAMPERMÈTRE - MICROVOLTMÈTRE - MILLIAM-
PERMÈTRE - MILLIVOLTMÈTRE - CAPACIMÈTRE - MICROFARADIMÈTRE
- HERTZMÈTRE - ELECTROMÈTRE - TACHYMÈTRE - OHMMÈTRE - PILE
- OHMMÈTRE à COURANT CONTINU - OHMMÈTRE INDÉPENDANT DE LA VITESSE
- MEGOHMMÈTRE à MAGNÉTO - HENRI - MILLI-AMMÈTRE - AMPÈRE
- OHMMÈTRE - GALVANOMÈTRE UNIFORME - GALVANOMÈTRE à SUS-
PENSION ELASTIQUE - GALVANOMÈTRE à MIRROR - GALVANOMÈTRE
à ÉMISSION ÉLECTRIQUE PHOTOGRAPHIQUE - PILE ETALON - PONT DE
WHEATSTONE - PONT DE SAUTY - PONT DE THOMSON - PONT DE DAN-
GERON - PONT DE MAXWELL - PONT DE MILLER - PONT DE KOL-
HAUSEN - PONT à P.I. - POTENTIOMÈTRE UNIFORME - POTENTIOMÈTRE
POTENTIOMÈTRE à COURANT CONTINU - POTENTIOMÈTRE à COURANT AL-
TERNATIF - POTENTIOMÈTRE à RÉSISTANCE - POTENTIOMÈTRE OPTIQUE - ME-
SURE DE TEMPÉRATURE DE - 150° à - 400° - THERMISTAT ENTRE
DISTRIBUTEUR DIVISEUR - RÉGULATEUR AUTOMATIQUE DE TEMPÉRATURE
- APPAREILS SPÉCIAUX POUR D.F. - APPAREILS POUR MESURES EN
HAUTE FRÉQUENCE - TRANSFORMATEURS DE MESURES - RELAY



BLOC DE CONTRÔLE

PILES "AD"

POUR TOUTES APPLICATIONS



BATTERIES "AD"

de chauffage et tension plaque

CHARBONS POUR MICROPHONES

BALAIS EN CHARBON

et métallographiques

POUR TOUTES MACHINES ELECTRIQUES

LE CARBONE

Société Anonyme au Capital de 2.500.000 frs.

37 A 41 RUE DE PARIS — GENNEVILLIERS — (SEINE.)



LE DOCTEUR METAL

vous présente sa NOUVELLE
lampe à filament à oxyde :

la

MICRO-MÉTAL D.Z. 813

A consommation égale

DÉTECTE ET AMPLIFIE

en haute Fréquence

avec un pouvoir DOUBLE

Notre service technique est à votre disposition
pour vous fournir sur l'utilisation de cette
lampe tous les renseignements dont vous
pourriez avoir besoin



MÉTAL-RADIO

29, Rue de Londres, PARIS

LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

LÉON EYROLLES, ÉDITEUR
3, rue Thénard — Paris (5^e)

VIENT DE PARAÎTRE

COURS DE TÉLÉGRAPHIE BAUDOT

A L'USAGE DES AGENTS MÉCANICIENS,
DES DIRIGEURS, ET DU PERSONNEL DES P. T. T.

PAR

L. BALON

Inspecteur des Postes et Télégraphes.

(16,5 × 25, 368 pages, 216 figures dont 7 planches).

Cet ouvrage est la reproduction du Cours professé aux élèves agents mécaniciens. L'auteur définit les principes généraux du système télégraphique Baudot ; et il passe en revue les appareils usuels actuellement en service en France, y compris les installations les plus modernes (transmission automatique, appareils Baudot-Grünenwald, etc.)

Cet ouvrage rendra les plus grands services, non seulement aux agents mécaniciens auxquels il est spécialement destiné, mais aussi aux dirigeants et élèves dirigeants et à tout le personnel des centraux télégraphiques.

SOMMAIRE. — *Généralités* : Principe du système Baudot. Distributeur. Utilisation d'un relais à l'arrivée. Courant de travail et courant de repos. Conséquences de la propagation des courants. Rectification des signaux. Principe de la correction du synchronisme. Communications ordinaires directes. Communications échelonnées. Translations. Communications bifurquées. Communications souterraines et sous-marines.

Appareils. Descriptions et réglages : Organes de transmission. Organes de mouvement. Organes de réception et de retransmission. Appareils accessoires. Appareillage de transmission automatique système Chattelun. Appareils nouveaux (socles régulateurs D. M. O. Traducteurs électromoteurs système Grünenwald. Télétype).

Installations : Quelques installations pour communications directes ; échelonnées ; bifurquées avec et sans retransmission ; souterraines ; sous-marines et duplexées.

Prix 35 francs.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DES TÉLÉPHONES

CONSTRUCTIONS
ÉLECTRIQUES



CAOUTCHOUC
:: :: CABLES :: ::

CAPITAL : 54. 000. 000 DE FRANCS

25, rue du Quatre-Septembre — PARIS (2^e)

APPAREILS TÉLÉPHONIQUE

POUR TOUTES INSTALLATIONS PUBLIQUES OU PRIVÉES

POSTES D'INTERCOMMUNICATION DIRECTE

Postes d'écoute, de Coupure, de Filtrage

STANDARDS — MULTIPLES

TÉLÉPHONIE AUTOMATIQUE

RELAIS ET AMPLIFICATEURS A LAMPES

POSTES SPÉCIAUX pour chemins de fer, Mines, Lignes voisines d'un transport d'énergie à haute tension, etc.

POSTES A SÉLECTEURS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

MATERIEL TELEGRAPHIQUE

Câbles téléphoniques, Fils, Cordons, etc.

PRINCIPAUX MULTIPLES CONSTRUITS
PAR LA SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DES TÉLÉPHONES

CENTRAUX MANUELS : Amiens, Boulogne-sur-Seine, Lille, Montreuil-sous-Bois, Paris (Central de Marcadet), Perpignan, Saint-Germain-en-Laye, Toulouse, Alger, Constantine, La Paz, etc.

CENTRAUX AUTOMATIQUES : Cusset, Nancy (en montage) Rennes, Saint-Adresse, Vichy.

LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

LÉON EYROLLES, ÉDITEUR

3, rue Thénard. — Paris (5^e)

Pour paraître prochainement :

VOCABULAIRE TÉLÉPHONIQUE INTERNATIONAL

en sept langues

(FRANÇAIS, ALLEMAND, ANGLAIS, SUÉDOIS, ESPAGNOL, ITALIEN, RUSSE)

*établi par le***COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL DES COMMUNICATIONS TÉLÉPHONIQUES****A GRANDE DISTANCE**

Le comité consultatif des communications téléphoniques à grande distance, organe officiel groupant les administrations téléphoniques de 26 pays européens, vient d'arrêter le texte, en sept langues, de ce vocabulaire.

Ce document, qui reproduira les symboles graphiques relatifs aux expressions téléphoniques, sera divisé en quatre sections : Installations, lignes, transmissions, exploitations. Chaque section se subdivise en plusieurs groupes.

Il contiendra en outre des tableaux d'organisations de bureaux centraux téléphoniques, des tables de conversion des unités de transmission népériennes (népers) et décimales (décibels), des tables de conversion des unités britanniques en unités métriques, des tables de conversion des calibres et diamètres américains en unités métriques, des tables de poids et mesures.

Un index alphabétique en sept langues, complètera cet important ouvrage.

PRIX : 100 francs. (Port en sus).

ÉCOLE SPECIALE DES TRAVAUX PUBLICS

DU BATIMENT ET DE L'INDUSTRIE

Léon EYROLLES, C.  Q. I., Ingénieur-Directeur

12, 5. Du Sommerard et 3, r. Thénard
PARIS (V^e)

Polygone et École d'Application
ARCEUIL-CACHAN, près Paris

1^o ÉCOLE DE PLEIN EXERCICE

Reconnue par l'État, avec diplômes officiels d'Ingénieurs

1.000 Élèves par an — 110 Professeurs

QUATRE SPÉCIALITÉS DISTINCTES :

1^{re} Ecole supérieure des
Travaux publics

Diplôme d'Ingénieur des Travaux publics

3^{re} Ecole supérieure de Mécanique
et d'Électricité

Diplôme d'Ingénieur Électricien

2^{re} Ecole supérieure du Bâtiment

Diplôme d'Ingénieur Architecte

4^{re} Ecole supérieure de Topographie

Diplôme d'Ingénieur Géomètre

SECTION ADMINISTRATIVE :

Pour la préparation aux grandes administrations techniques

(Ingénieurs des Travaux publics de l'État, de la Ville de Paris, etc.)

2^o " L'ÉCOLE CHEZ SOI "

(ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE)

25.000 Élèves par an — 213 Professeurs spécialistes

L'École des Travaux publics a créé en 1891. Il y a trente-six ans, sous le nom d'ÉCOLE CHEZ SOI, l'Enseignement par Correspondance pour Ingénieurs et techniciens, qui est donné au moyen de Cours imprimés ayant une réputation mondiale et représentant, à eux seuls, le prix de l'enseignement.

La méthode d'Enseignement par Correspondance, l'ÉCOLE CHEZ SOI, n'a pas d'analogue et les diplômes d'Ingénieurs délivrés, bien que non officiels, ont la même valeur que ceux obtenus par l'ÉCOLE DE PLEIN EXERCICE, sur laquelle elle s'appuie et qu'elle est seule à posséder.

SITUATIONS AUXQUELLES CONDUIT L'ENSEIGNEMENT

1^{re} Situations Industrielles : Travaux publics — Bâtiment — Électricité — Mécanique — Métallurgie — Mines — Topographie.

2^{re} Situations administratives : Ponts et chaussées et Mines — Postes et Télégraphes — Services vicinaux — Services municipaux — Génie rural — Inspection du Travail — Travaux Publics des Colonies — Compagnies de chemins de fer, etc.

Préparation spéciale : A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES, section des Rédacteurs Élèves.

AU CONCOURS POUR L'EMPLOI DE Rédacteurs dans les services extérieurs des Postes, Télégraphes, Téléphones et de contrôleur des P.T.T.

AU CONCOURS POUR LES EMPLOIS de surnuméraire des Postes, Télégraphes, Téléphones, de dame employée des Postes, Télégraphes, Téléphones, d'agent mécanicien de montage, de chef d'équipe des Télégraphes et des Téléphones.

Envoi gratuit de : Notices, Catalogues et Programmes sur demande adressée à

ÉCOLE DES TRAVAUX PUBLICS

12 et 12^{bis}, rue Du Sommerard, Paris, (5^e)

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES APPAREILS CREED

Société à responsabilité limitée au capital de 200 000 francs

JACPERS
PARIS-TT

17, rue de Lancry, PARIS (X^e).

NORD
60.90

TELEGRAPHE RAPIDE IMPRIMEUR
fonctionnant à une vitesse de 200 mots par minute



Nouvelle Perforatrice MURRAY type Baudot

à clavier à quatre rangées pour l'application de la transmission automatique sur les circuits Baudot.

**Ondulateurs Creed pour enregistrement des radiogrammes transmis
à grande vitesse — Transmetteurs automatiques — Relais —
Récepteur — Imprimeur, etc...**

Fournisseurs des Gouvernements Français et Étrangers

Ondulat
à grande

A

EXREUT.

